

Ю. К. Меньшаков

**ЗАЩИТА
ОБЪЕКТОВ
И ИНФОРМАЦИИ
ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ
РАЗВЕДКИ**

Учебное пособие

Москва
2002

УДК 621.96

ББК 32.0

М 51

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор А.И. Куприянов;

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник А.В. Турчинов

Художник М. Гуров

ISBN 5-7281-0487-8

© Меньшаков Ю.К., 2002

**© Российский государственный
гуманитарный университет, 2002**

Меньшаков Ю.К.

М 51 Защита объектов и информации от технических средств разведки. М.: Российск. гос. гуманит. ун-т, 2002. 399 с.
ISBN 5-7281-0487-8

Рассматриваются вопросы защиты информации от технических разведок в соответствии с традиционным подходом к решению проблемы противодействия государственным иностранным техническим разведкам. В книге содержится большое количество данных о свойствах объектов наблюдения и среды распространения носителей, технических средств разведки и защиты информации по состоянию, в основном, на конец 80-х годов.

Для специалистов и всех интересующихся проблемами защиты информации.

Научно-учебное издание

МЕНЬШАКОВ Юрий Константинович

**Защита объектов и информации
от технических средств разведки**

В авторской редакции

ИД №05992, выд. 05.10.01.
Подписано в печать 01.03.2002.
Формат 60x88 1/16.
Усл. печ. л. 24,0.
Уч.-изд. л. 25,0.
Тираж 3000 экз.
Заказ 5854

Корректор

Н.П. Гаврикова

Компьютерная верстка

Д.Г. Десницкая

**Издательский центр РГГУ
125267, Москва, Миусская пл., 6
Тел. 973-4200**

**Отпечатано
в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6**

Оглавление

Предисловие	11
Введение	13

Раздел I Общая характеристика технической разведки

Глава 1. Цели, задачи и организация технической разведки	15
1.1. Цели и задачи технической разведки	15
1.2. Принципы организации и ведения технической разведки	16
1.3. Классификация технической разведки.....	18
1.3.1. Оптическая разведка	18
1.3.2. Оптико-электронная разведка (ОЭР).....	26
1.3.3. Радиоэлектронная разведка.....	40
1.3.4. Гидроакустическая и акустическая разведка.....	46
1.3.4.1. Гидроакустическая разведка (ГАР)	46
1.3.4.2. Акустическая разведка (АР).....	48
1.3.5. Радиационная и химическая разведка.....	50
1.3.5.1. Радиационная разведка (РДР)	50
1.3.5.2. Химическая разведка (ХР).....	51
1.3.6. Сейсмическая и магнитометрическая разведка.....	53
1.3.6.1. Сейсмическая разведка (СР)	53
1.3.6.2. Магнитометрическая разведка (ММР)	54
1.3.7. Компьютерная разведка.....	55
1.4. Характеристика видов технической разведки	63
1.4.1. Космическая разведка (КР)	63
1.4.2. Воздушная разведка (ВР)	68
1.4.3. Морская разведка (МР).....	70
1.4.4. Наземная разведка (НР).....	72
1.5. Обработка разведывательной информации	75
Глава 2. Оценка возможностей технической разведки по добыванию информации	78
2.1. Основные показатели средств технической разведки	78
2.2. Вероятность обнаружения объектов	80
2.3. Вероятность распознавания объектов по параметрам принятых сигналов	82
2.4. Методики расчета вероятностей обнаружения и распознавания объектов	84

2.5. Дальность действия технических средств разведки.....	88
2.6. Точность определения местоположения объектов на местности	91
2.7. Оценка точности измерения параметров сигналов	97
2.7.1. Особенности оценки точности измерения параметров радиосигнала.....	98
2.7.2. Точныхные характеристики измерения параметров радиосигнала	101
2.8. Оценка качества приема и воспроизведения перехваченной информации	111

Раздел II

Демаскирующие признаки объектов и источники информации для технических средств разведки

Глава 3. Демаскирующие признаки объектов разведки	117
--	------------

3.1. Общие положения	117
3.2. Демаскирующие признаки объектов, влияющие на их обнаружение и распознавание	118

Глава 4. Оптические характеристики объектов и их связь с демаскирующими признаками	119
---	------------

4.1. Контрасты между объектами и фонами	120
4.2. Освещенность объектов и фонов	121
4.3. Отражение излучений объектами и фонами	122
4.4. Пропускание и рассеивание излучений атмосферой	127
4.5. Видимость объектов.....	129

Глава 5. Демаскирующие признаки объектов в видимом диапазоне электромагнитного спектра	131
---	------------

5.1. Классификация объектов разведки.....	131
5.2. Прямые демаскирующие признаки.....	132
5.3. Определение высоты объектов по падающим теням	135
5.4. Косвенные демаскирующие признаки.....	137
5.5. Специфические демаскирующие признаки военно-промышленных объектов	138

Глава 6. Демаскирующие признаки некоторых объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра	139
--	------------

6.1. Источники инфракрасного излучения.....	139
---	-----

6.2. Характеристики инфракрасного излучения объектов	141
6.2.1. Собственное тепловое излучение нагретых тел	141
6.2.2. Отраженное объектами инфракрасное излучение.....	144
6.2.3. Ослабление инфракрасного излучения в атмосфере	145
6.2.4. Физические особенности инфракрасного излучения фонов	148
6.3. Демаскирующие признаки некоторых объектов в инфракрасном диапазоне.....	153
6.3.1. Инфракрасное излучение баллистических ракет и космических объектов	153
6.3.2. Инфракрасное излучение самолетов	159
6.3.3. Инфракрасное излучение надводных кораблей	162
6.3.4. Инфракрасное излучение военно-промышленных объектов	163
6.4. Демаскирующие особенности изображений объектов в инфракрасном диапазоне.....	163

**Глава 7. Демаскирующие признаки радиоэлектронных
средств и систем.....** **169**

7.1. Технические характеристики радиоизлучений	169
7.2. Групповые и индивидуальные технические демаскирующие признаки.....	170
7.3. Оперативно-технические демаскирующие признаки	171

**Глава 8. Радиолокационные характеристики объектов разведки и их
отличительные признаки.....** **172**

8.1. Радиолокационные сигналы и характеристика радиолокационной яркости объектов и фона	172
8.2. Эффективная поверхность рассеивания объектов	173
8.3. Характеристики радиолокационного отражения местности.....	175
8.4. Связь между эффективной поверхностью рассеивания объекта и вероятностью его обнаружения	179
8.5. Характерные признаки объектов и местности при дешифровании радиолокационных изображений	180

**Глава 9. Демаскирующие признаки и возможные каналы утечки
информации источников акустического излучения.....** **188**

9.1. Демаскирующие признаки источников гидроакустического излучения.....	188
9.1.1. Источники корабельных гидроакустических шумов.....	189
9.1.2. Гидроакустические сигналы	195

9.1.3. Характеристики объектов гидролокационного наблюдения	198
9.1.4. Маскирующие гидроакустические шумы	203
9.1.5. Затухание акустического поля	205
9.2. Каналы утечки информации через воздушную среду.....	207
9.3. Каналы утечки информации вибрационного типа	209
9.4. Каналы утечки информации электроакустического типа.....	210
9.5. Каналы утечки информации оптико-электронного типа	212
9.6. Каналы утечки информации параметрического типа	213
Глава 10. Радиоактивные излучения как источник информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции	215
10.1. Радиоактивные отходы предприятий атомной промышленности, стратегическое оборудование, сырье, готовая продукция.....	215
10.2. Свойства и характеристики радиоактивных излучений	217
Глава 11. Лазерные системы и их демаскирующие признаки	221
11.1. Демаскирующие признаки лазерных систем	221
11.2. Качественная оценка информационной ценности параметров лазерных сигналов.....	223
Глава 12. Каналы утечки информации при эксплуатации технических средств передачи, обработки и хранения информации.....	227
12.1. Каналы утечки информации при эксплуатации слаботочного оборудования	227
12.2. Каналы утечки информации при эксплуатации средств электронно-вычислительной техники и АСУ	232
12.3. Каналы перехвата информации при передаче ее по линиям связи.....	236
12.3.1. Электромагнитный канал перехвата информации	237
12.3.2. Электрический канал перехвата информации	237
12.3.3. Индукционный канал перехвата информации	238
Раздел III	
Способы и средства защиты информации от технических разведок, контроль эффективности принимаемых мер защиты	
Глава 13. Защита объектов от технической разведки	239
13.1. Цель, принципы и задачи защиты объектов от технической разведки.....	239
13.2. Общая классификация и характеристика способов защиты.....	241

Глава 14. Защита объектов от оптической и оптико-электронной разведки.....	243
14.1. Защита от визуально-оптических и фотографических средств разведки.....	243
14.1.1. Условия получения маскировочного эффекта при скрытии объектов от визуально-оптической и фотографической разведки.....	244
14.1.2. Использование естественных условий маскировки	247
14.1.3. Методы растительной маскировки	250
14.1.4. Скрытие объектов с помощью дымомаскировки	252
14.1.5. Придание объектам маскирующих форм	256
14.1.6. Маскировочное окрашивание	261
14.1.7. Использование оптических искусственных масок.....	266
14.1.8. Применение макетов и ложных сооружений.....	268
14.2. Защита от оптико-электронных средств разведки	273
Глава 15. Защита радиоэлектронных средств и информации от радио- и радиотехнической разведки	280
15.1. Организационные мероприятия.....	280
15.2. Технические меры	286
15.3. Типовые ситуации защиты РЭС	300
Глава 16. Защита объектов от радиолокационных средств разведки.....	305
16.1. Снижение радиолокационного контраста объектов	306
16.2. Использование маскирующих свойств местности и гидрометеоров ..	316
16.3. Технические средства противорадиолокационной маскировки	321
Глава 17. Защита от гидроакустических и акустических средств разведки.....	325
17.1. Гидроакустическая маскировка	325
17.1.1. Гидроакустическая маскировка НК и ПЛ	325
17.1.2. Маскировка сигналов гидроакустических средств	338
17.2. Защита объектов от акустической разведки	341
17.2.1. Пассивные средства скрытия и снижения мощности АС	342
17.2.2. Активное скрытие	348
Глава 18. Возможные мероприятия по защите лазерных систем от технической разведки.....	350
18.1. Организационные мероприятия по защите.....	350
18.2. Технические меры защиты	352

Глава 19. Защита технических средств передачи, обработки и хранения информации	353
19.1. Защита информации при эксплуатации слаботочного оборудования	353
19.1.1. Организационные, организационно-технические и технические мероприятия.....	353
19.1.2. Поиск работающих технических средств разведки.....	356
19.1.3. Пассивные меры защиты информации.....	358
19.1.4. Создание помех средствам разведки	360
19.1.5. Криптографическая защита информации.....	361
19.2. Защита информации в средствах электронно-вычислительной техники.....	363
19.2.1. Защита от несанкционированного доступа	365
19.2.2. Защита от технических средств разведки.....	368
19.2.3. Криптографическая защита информации в средствах электронно-вычислительной техники	369
19.2.3.1. Наиболее известные крипtosистемы	370
19.2.3.2. Практическое применение крипtosистем	373
19.2.3.3. Сравнение криптографических методов	379
19.2.4. Защита от компьютерных вирусов.....	380
19.3. Организационно-правовые меры обеспечения безопасности информации и аттестация автоматизированных систем.....	381
19.3.1. Организационно-правовые меры	381
19.3.2. Порядок аттестации автоматизированных систем по требованиям безопасности информации	382
19.3.3. Предложения по организации службы информационной безопасности АС учреждения	383
Глава 20. Технический контроль эффективности принимаемых мер защиты	385
20.1. Назначение и содержание технического контроля	385
20.2. Контроль эффективности принятых мер защиты от РТР	387
20.3. Контроль эффективности принятых мер защиты от инфракрасной разведки (ИКР).....	391
Приложение 1	
Перечень рекомендуемых мероприятий по организации защиты закрытой информации на предприятиях	393
1. Организационные мероприятия	393
2. Методические мероприятия	394
3. Технические мероприятия	396
Библиографический список	396

Предисловие

В любом государстве проблема защиты информации от несанкционированных пользователей (в широком толковании этого понятия) ставится в ряд национальных. В целом, эта проблема затрагивает довольно широкий круг вопросов – политических, социальных, межгосударственных, технических и т.п. Знание этой проблемы и освоение путей решения информационной безопасности личности, общества и государства являлась и продолжает оставаться актуальной темой.

Настоящая книга отражает технические аспекты проблемы защиты информации, рассматривая методически правильно, с одной стороны, средства и аппаратуру добывания сведений, с другой – технические способы и методы защиты информации. Такой подход к изучению проблемы является, безусловно, конструктивным и современным.

Действительно, прежде чем говорить о собственно методах защиты информации, автор знакомит читателя с многочисленными на сегодняшний день техническими средствами добывания информации, рассматривает физические принципы, лежащие в основе существования технических каналов утечки информации, предлагает подходы к оценке потенциальных разведывательных возможностей различных видов аппаратуры разведки, дает достаточно обширный справочный материал по техническим характеристикам средств разведки.

В книге достаточно подробно освещены вопросы по демаскирующим признакам объектов разведки, что существенно заполняет пробел в общедоступной учебной, методической и справочной литературе по вопросам технической защиты информации.

В целом предлагаемая работа, безусловно, интересна. Она будет полезна как практическое пособие специалистам в области проблем технической защиты информации и как учебное пособие для студентов, специализирующихся в этой области.

**Статс-секретарь, Заместитель Председателя
Государственной технической комиссии при Президенте
Российской Федерации**

В. Трубин

Введение

В общем комплексе мероприятий по ведению разведки важное место отводится технической разведке, которая в настоящее время считается основным средством получения разведывательной информации.

Под технической разведкой (ТР) понимается добывание информации с помощью технических средств. Источником информации для ТР являются:

- любые физические поля, возникающие или сопутствующие функционирующим объектам разведки, в том числе электромагнитные, акустические, гидроакустические и др.;
- химические выбросы функционирующих объектов разведки в окружающую среду (воздух, почву, воду, растительность);
- конструктивные особенности и внешний вид объектов разведки, вспомогательного и полигонного оборудования.

Считается, что на долю технической разведки приходится более 50% всей добываемой информации. Поэтому проблема защиты от технической разведки приобретает особую актуальность.

Защита от технических средств разведки (TCP) является неотъемлемой и составной частью научной и производственной деятельности предприятий, учреждений и организаций оборонной промышленности, а также обеспечения боевой деятельности войск и сил флота.

Необходимо отметить также, что на современном этапе широкое распространение находит экономический и промышленный шпионаж, не связанный непосредственно с межгосударственными, политическими и военными противоречиями.

Главной причиной возникновения промышленного (экономического) шпионажа является конкуренция между фирмами, компаниями и предприятиями. Промышленный шпионаж охватывает сегодня все сферы рыночной экономики, и в условиях ожесточенной конкурентной борьбы его масштабы резко возрастают.

При ведении промышленного шпионажа пользуются теми же техническими средствами и способами. Поэтому материал предлагаемой книги безусловно является полезным для широкого круга лиц, в обязанности которых входят вопросы обеспечения безопасности информации.

Для качественного и эффективного осуществления мероприятий по защите от TCP в каждом конкретном случае необходимо проводить тщательный анализ сведений о скрываемом объекте и учитывать возможность их проявления через соответствующие демаскирующие признаки (ДП) структурно-видового облика объектов и их элементов; следы производственной деятельности и функционирования; физические поля, создаваемые объектами; пространственные характеристики и взаимосвязи между объектами и их элементами; средства обеспечения испытаний, производства и

эксплуатации; коммуникации объекта. Поэтому важной составной частью защиты объектов является выявление источников информации для ТСР, анализ ДП скрываемых объектов и возможных технических каналов, утечки информации.

Неотъемлемой частью защиты скрываемых объектов и информации от разведки является технический контроль, который предназначен для оценки эффективности и надежности принимаемых мер защиты. Без качественного технического контроля невозможно реализовать надежное закрытие технических каналов утечки информации.

Важным элементом технического контроля являются нормативные показатели по максимально допустимым значениям параметров скрываемых физических полей объектов. При определении этих показателей в качестве исходных данных могут быть приняты потенциальные возможности ТСР по точности измерения тех или иных характеристик физических полей объектов, а также уровни фоновых маскирующих шумов. Поэтому оценка потенциальных возможностей ТСР, а также соответствующих фоновых шумов является существенной частью общей проблемы защиты.

В предлагаемой книге сделана попытка систематизировать разрозненные сведения по проблеме защиты информации от различных видов и средств технической разведки.

Материалы параграфа 1.3.7 главы 1 представлены Абаниным Г.В., а параграфа 19.3 главы 19 и Приложения 1 – Турчиновым А.В.

Автор выражает благодарность Беляеву Е.А., Лаврухину Ю.Н., Макарову Ю.К., Морозову В.В. и Турчинову А.В. за ряд замечаний, которые позволили улучшить содержание книги, а также Шингареву А.М., Кравченко В.Б., Комиссарову А.И. и Углову А.В. за оказанную помощь в ее издании.

Раздел I

Общая характеристика технической разведки

Глава 1

Цели, задачи и организация технической разведки

1.1. Цели и задачи технической разведки

Под ТР понимается целенаправленная деятельность любого государства против другого государства по добыванию с помощью технических средств, соответствующих сведений в целях обеспечения военно-политического руководства своевременной информацией по разведываемым странам и их вооруженным силам.

Задачами технической разведки являются сбор и последующая обработка сведений:

- о содержании стратегических и оперативных планов вооруженных сил, их боеспособности и мобилизационной готовности, о создании и использовании мобилизационных ресурсов;
- о направлениях развития вооружения и военной техники, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по созданию и модернизации образцов вооружения и военной техники;
- о количестве, устройстве и технологии производства ядерного и специального оружия;
- о тактико-технических характеристиках и возможностях боевого применения вооружения и военной техники;
- о дислокации, численности и технической оснащенности войск и сил флота;
- о степени подготовки территории страны к ведению боевых действий;
- об объемах поставок и запасах стратегических видов сырья и материальных ресурсов;
- о функционировании промышленности, транспорта и связи;
- об объемах, планах государственного оборонного заказа, выпуске и поставках вооружения, военной техники и другой оборонной продукции;
- о научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работах, технологиях, имеющих важное оборонное или экономическое значение;
- о сельском хозяйстве, финансах, торговле;
- о внешнеполитической и внешнеэкономической деятельности государства;

- о системе правительственнои и иных видов специальной связи, о государственных шифрах.

В результате сбора, накопления и обработки данных по перечисленным выше вопросам можно получить достаточно полную информацию по состоянию и перспективам развития военного, экономического и научно-технического потенциалов разведуемого государства, определить основные направления его внутри- и внешнеполитической деятельности, по выполнению условий договоров об ограничении стратегических вооружений.

1.2. Принципы организации и ведения технической разведки

С целью успешного решения поставленных задач ТР организуется и ведется по определенным разработанным принципам.

Основными принципами организации ТР являются: целенаправленность, централизация руководства, размещение технических средств разведки (TCP) вблизи государственных границ и на территории разведываемой страны, использование неразведывательных систем и средств, формирование целевых систем разведки, коллективное использование добытой информации TCP, привлечение ученых к обработке информации.

Целенаправленность в организации ТР заключается в том, что ее деятельность объединена и направлена, в основном, против России.

Объединение усилий разведок США и других иностранных государств происходит в рамках различных агрессивных блоков и двухсторонних соглашений и выражается в осуществлении совместной разведывательной деятельности, обеспечении США своих партнеров по НАТО техническими средствами добычи, передачи и обработки разведданных.

Централизация руководства заключается в направлении высшим политическим руководством иностранных государств деятельности национальных и ведомственных органов разведки с целью повышения ее результативности и уменьшения параллелизма в работе этих органов.

Размещение TCP вблизи государственных границ и на территории разведываемой страны предполагает использование для целей разведки территорий сопредельных государств, водных акваторий, находящихся вблизи территориальных вод, зданий посольств, консульств, разрешенных для полетов международных воздушных трасс над территорией разведываемой страны и маршрутов торговых, пассажирских и рыболовецких судов.

Использование неразведывательных систем и средств предполагает привлечение для добычи разведданных целого ряда систем и средств различной ведомственной принадлежности. Основными из них являются:

- системы раннего предупреждения о ракетно-ядерном нападении;

- плавучие и наземные командно-измерительные комплексы ракетных полигонов;
- системы научно-исследовательских сейсмических станций;
- суда пассажирского, торгового, рыболовного флотов, заходящие в территориальные воды и открытые порты;
- космические аппараты национального управления по аeronавтике и исследованию космического пространства, используемые для геофизических исследований и наблюдения за окружающей средой.

Целевые системы разведки создаются для получения информации об объектах определенного класса.

К постоянно действующим целевым системам разведки относятся:

- системы разведки космических аппаратов (КА) на орbitах;
- системы разведки подземных испытаний ядерных средств;
- системы разведки морских объектов;
- системы разведки объектов-целей для нанесения ядерных ударов;
- системы разведки РЭС, используемых в государственном и военном управлении и в комплексах оружия.

Коллективное использование добытой информации означает ее доведение до органов высшего политического руководства, разработчиков систем оружия и командующих ВС на ТВД.

Привлечение ученых к обработке разведывательной информации означает сотрудничество органов разведки с учеными университетов и научно-исследовательских организаций с целью проведения качественного анализа развединформации, особенно по вопросам оценки перспектив развития вооружения и военной техники.

Основными принципами ведения ТР являются: комплексность, оперативность, непрерывность, глобальность, плановость и скрытность.

Комплексность означает, что для добывания разведанных о конкретном объекте применяется в различных сочетаниях аппаратура, основанная на использовании различных физических полей для получения информации.

Оперативность ведения ТР означает решение поставленных задач в минимально короткие сроки.

Непрерывность ведения ТР означает, что добывание разведанных проводится постоянно, в любой обстановке и при любых условиях.

Глобальность ведения ТР заключается в охвате разведывательной деятельности значительных районов земного шара с одновременным решением многообразных разведывательных задач.

Плановость ведения ТР означает, что с целью централизации и координации разведывательной деятельности, уменьшения параллелизма и повышения результативности добывание разведанных ведется в соответствии с заранее разрабатываемыми программами разведки. В США ежегодно разрабатывается до 200 таких программ.

Скрытность ведения ТР заключается в использовании для добывания разведданных в основных пассивных (по принципу действия) ТСР, в маскировке и комуфлировании разведаппаратуры при ведении разведки на территории России, в широком использовании легендирования и мероприятий по засекречиванию разведывательной деятельности.

1.3. Классификация технической разведки

ТР классифицируется по видам используемой аппаратуры.

По видам ТР подразделяется на космическую, воздушную, морскую и наземную, т.е. в основу классификации положено место размещения аппаратуры разведки.

В основу же классификации ТР по используемой аппаратуре положен физический принцип построения аппаратуры разведки. В соответствии с этим принципом ТР разделяется на оптическую (ОР), оптико-электронную (ОЭР), радиоэлектронную (РЭР), гидроакустическую (ГАР), акустическую (АР), химическую (ХР), радиационную (РДР), сейсмическую (СР) и магнитометрическую (ММР), компьютерную (КР) (рис. 1).

Классификация спектра колебаний, которые принципиально могут нести информацию о различных объектах, представлена в таблице 1.

1.3.1. Оптическая разведка

Под оптической разведкой понимается добывание информации с помощью оптических средств, обеспечивающих прием электромагнитных колебаний инфракрасного, видимого и ультрафиолетового диапазонов, излученных или отраженных объектами и местными предметами.

Оптическая разведка позволяет решать следующие задачи:

- выявление военных (В) и военно-промышленных объектов (ВПО) и определение их координат;
- выявление начала строительства В и ВПО, периодическое наблюдение за ходом строительства с целью определения их назначения;
- определение профиля оборонных предприятий, вида выпускаемой продукции и производственной мощности;
- осуществление контроля за выполнением принятых обязательств (договоров, соглашений) по ограничению стратегических вооружений;
- периодическое наблюдение за коммуникациями в целях вскрытия крупных перевозок военной техники и грузов;
- съемка территории в интересах картографирования местности;
- выявление проводимых учений, маневров войск и сил флота, а также испытаний В и ВТ.

Оптическая разведка делится на фотографическую (ФР) и визуально-оптическую разведку (ВОР).

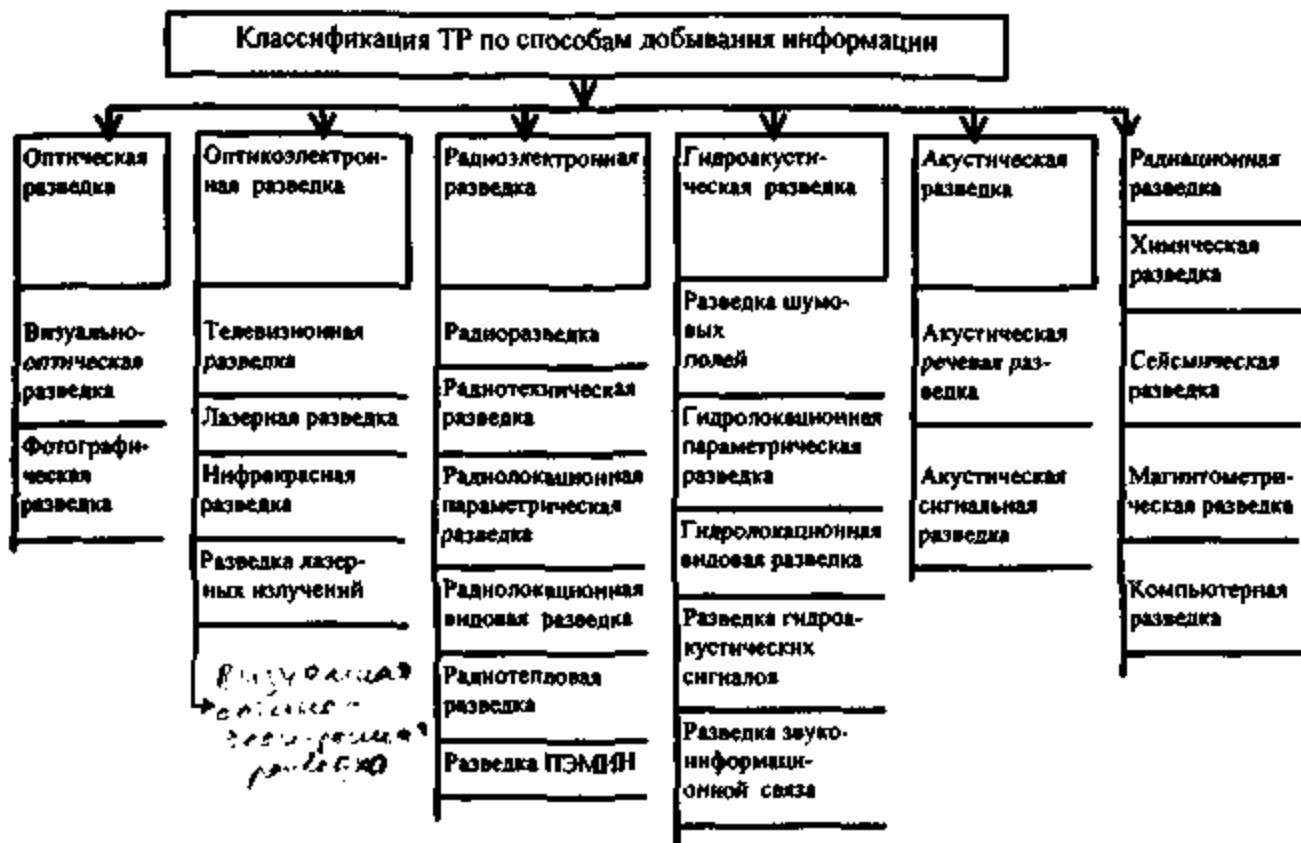


Рис. 1. Классификация ТР по способам добывания информации

Визуально-оптическая разведка

Визуальное наблюдение может использоваться во всех видах разведки: космической, воздушной, морской и наземной.

Воздушное наблюдение с передачей данных по радио считается наиболее оперативным способом разведки, который позволяет получать необходимые разведывательные сведения о войсках и их действиях на большую глубину и в кратчайшие сроки.

Наземное наблюдение ведется с наблюдательных пунктов (постов) в любой обстановке и является важным способом добывания разведданных.

Визуальное наблюдение является также одним из основных способов ведения разведки при действиях диверсионно-разведывательных групп и агентуры.

При ведении визуального наблюдения широко используются оптические приборы, позволяющие улучшить видимость объектов разведки и увеличить дальность их обнаружения. Чтобы повысить видимость объекта до величины, когда его можно обнаружить и опознать, оптические приборы должны уменьшать величину порогового контраста и увеличивать контраст объекта на окружающем фоне. Указанные задачи решаются совместным использованием оптических приборов и светофильтров.

Таблица 1

Области спектра		Длина волны
Низкочастотные колебания	инфразвуковые звуковые	свыше 18 000 км 18 000 ... 18 км
Радиоволны	длинные средние промежуточные короткие ультракороткие микроволновые	18 000 ... 2 000 м 2 000 ... 200 м 200 ... 50 м 50 ... 10 м 10 м ... 1 см 1 см ... 0,75 мм
Инфракрасное излучение	длинноволновое средневолновое коротковолновое	750 ... 15 мкм 15 ... 1,5 мкм 1,5 ... 0,75 мкм
Видимое излучение	красное оранжевое желтое зеленое голубое синее фиолетовое	750 ... 620 нм 620 ... 590 нм 590 ... 560 нм 560 ... 500 нм 500 ... 480 нм 480 ... 450 нм 450 ... 400 нм
Ультрафиолетовое излучение		400 ... 10 нм
Рентгеновское излучение		○ 100 ... 0,04 Å
Гамма-излучение		○ 0,04 Å и менее

Оптические приборы наблюдения (бинокли, стереотрубы, перископы и т.д.) обеспечивают наблюдение удаленных объектов в увеличенном виде. С увеличением видимых угловых размеров наблюдаемых объектов пороговые контрасты уменьшаются, а, следовательно, видимость объектов улучшается.

Поэтому основной характеристикой приборов наблюдения является **увеличение прибора или его кратность**.

Величина контраста объекта на окружающем фоне при наблюдении через оптический прибор днем практически остается той же, что и при наблюдении без прибора. В этом случае контраст объекта может быть увеличен при использовании светофильтров.

Светофильтры - это цветные стекла или пленки, которые прозрачны для видимого света лишь в определенных участках спектра. Они позволяют увеличить яркостные и цветовые контрасты наблюдаемых объектов вследствие отличий спектральных характеристик объекта и фона. Различают два вида светофильтров: однополосные и цветоконтрастные (спектрозональные). Однополосные светофильтры прозрачны в какой-то одной части видимого спектра и позволяют увеличить яркостный контраст. Цветоконтрастные светофильтры (ЦКС) имеют две полосы прозрачности и служат для повышения цветового и яркостного контраста объектов. При наблюдении через ЦКС с двумя участками прозрачности все предметы приобретают ненатуральные искусственные цвета. Объясняется это тем, что цвет поверхности в данном случае является результатом смешения излучений двух цветов, пропускаемых фильтром. Если спектральные коэффициенты яркости фона и маскировочного материала в пределах полос прозрачности фильтра не одинаковы, а это практически имеет место всегда, то составляющие цвета объекта и фона смешиваются в разных пропорциях, что приводит к появлению цветового контраста между объектом и фоном.

Основные характеристики оптических наблюдательных приборов приведены в таблице 2 [1].

Таблица 2

Наименование	Увеличение	Разрешающая способность, угл.сек	Пластика
Бинокли	7 - 12	8 - 5	12 - 25
Стереотрубы	10 - 20	6 - 4	25 - 100
Перископы	10 - 30	5 - 2	-
Оптические прицелы	2 - 4	15	-

Фотографическая разведка

Фотографическая разведка обладает существенными преимуществами перед другими способами разведки, поскольку она позволяет получать оптические изображения объектов с высокой степенью детальности. Изучение фотографических изображений дает наибольшее количество информации по сравнению с визуальным, телевизионным или радиолокационным наблюдением. Данные фоторазведки позволяют не только обнаруживать объекты, но и распознавать их.

Средства фотографической разведки широко используются при ведении космической, воздушной, морской и наземной разведки.

Основными характеристиками фотографических средств, которые необходимо учитывать при ведении разведки и разработке мероприятий по маскировке, являются: масштаб фотографического изображения, спектральная чувствительность, контрастность получаемого изображения, разрешающая способность.

Масштаб фотографического изображения характеризует степень уменьшения изображаемых на снимке объектов. При фотосъемке объекты разведки обычно располагаются на большом удалении от фотоаппарата, а их изображение получается в фокальной плоскости объектива.

Если обозначить линейные размеры фотографируемого объекта l , а его изображения l' , то масштаб изображения, как видно из рис. 2, будет равен

$$M = \frac{l'}{l} = \frac{f_{об}}{H} \quad (1) \quad (1)$$

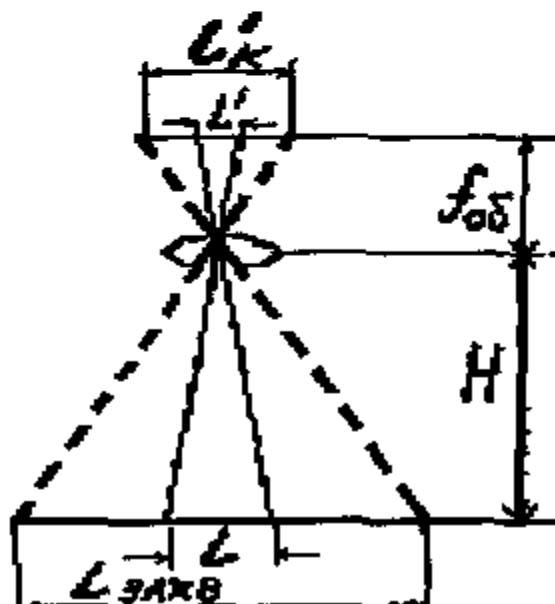


Рис. 2. К определению масштаба фотографического изображения

Масштаб фотографического изображения определяется только фокусным расстоянием применяемого объектива и высотой (или дальностью) фотографирования. Используя фотоаппараты с различными фокусными расстояниями объектива, можно теоретически производить фотографирование объектов в любом масштабе с любых высот. Однако практически масштаб фотографирования выбирается с таким расчетом, чтобы получить не только достаточную детализацию изображения, но и обеспечить необходимую полосу захвата местности, изображаемой на одном снимке. Ширина полосы захвата

$$l_{захв} = \frac{l'_k}{M} \quad (2); \quad (2)$$

$l_{захв}$ зависит от величины кадра фотоаппарата l'_k и масштаба изображения M . Чем мельче масштаб, тем больше полоса захвата.

Площадное воздушное фотографирование при тактической разведке производится обычно в масштабе 1:20000 - 1:10000. Отдельные объекты могут фотографироваться в масштабе от 1:5000 до 1:2000.

Фотоматериалы и их характеристики

Спектральная чувствительность фотоматериалов определяет участок спектра, используемый для разведки. Все светочувствительные материалы, применяемые для ФР, имеют не одинаковую чувствительность к излучениям разных длин волн. Поэтому, получая фотографические изображения объектов в различных участках оптического спектра, можно выявлять такие различия в спектральной отражательной способности объектов и фонов, которые визуально не воспринимаются.

В соответствии с получаемым изображением светочувствительные материалы делятся на две группы: черно-белые и цветные.

Самый распространенный черно-белый фотоматериал - панхроматическая фотопленка - имеет два максимума чувствительности в областях 0,44-0,45 и 0,6-0,65 мкм, затем чувствительность резко снижается. Поэтому пределом используемой длинноволновой зоны будет длина волны 0,67-0,68 мкм. Съемка на пленке "панхром" ведется с желтым, оранжевым или красным светофильтрами, которые повышают контрастность изображения вследствие того, что они непрозрачны в коротковолновой части спектра и существенно уменьшают влияние излучений световоздушной дымки.

Изохроматическая черно-белая пленка по сравнению с панхроматической имеет добавочный максимум, который приходится на волну 0,6 мкм, а ее спектральная чувствительность распространяется до 0,7 мкм. Съемка на пленку "изохром" производится с желтым и оранжевым светофильтрами.

Для съемки в ближней ИК части спектра применяется черно-белая инфрахроматическая пленка, имеющая также два максимума чувствительности: один - в видимой области, второй - в инфракрасной. Съемка на пленку "инфрахром" ведется только с красными светофильтрами, а ее чувствительность в видимой области не используется.

Применение инфрахроматической пленки может существенно облегчить дешифрирование объектов, расположенных на растительных фонах. Если маскировочное покрытие отражает ИК лучи хуже, чем естественная зелень, то на снимке замаскированные объекты получаются темными и хорошо выделяются на светлом фоне растительности.

Цветные фотоматериалы. В настоящее время известны два типа цветных фотоматериалов. Первый из них - цветная фотопленка для правильной передачи цвета фотографируемых объектов и второй - спектрозональная пленка, предназначенная для получения изображений объектов в условных (искаженных) цветах.

Цветная фотопленка используется при разведке ограниченно, т.к. при съемке с больших высот цветовые различия объекта с фоном нивелируются,

и поэтому дешифровочные свойства цветных снимков хуже, чем черно-белых.

Для вскрытия замаскированных объектов применяется спектрональное фотографирование. Его сущность заключается в одновременном фотографировании объектов в двух различных зонах спектра на двуслойную фотопленку. Верхний светочувствительный слой пленки воспринимает только ИК лучи в области 0,7-0,8 мкм, а нижний слой чувствителен к видимому свету в области 0,5-0,6 мкм. Под действием излучений различных длин волн при фотосъемке в каждом фотослое возникают скрытые изображения, интенсивность которых определяется отражающими свойствами фона и объекта в зонах светочувствительности фотослоев. После цветного проявления спектронального фотоматериала в каждом слое образуется изображение своего цвета, например, верхний слой может иметь зеленый цвет, а нижний слой - красный. Эти изображения оптически совмещены и рассматриваются глазом одновременно. Результирующая видимая яркость и цвет изображения определяются наложением составляющих цветов каждого фотослоя.

Пусть объект и фон отражают видимый свет одинаково, а ИК лучи - различно (фон-больше, а объект-меньше). Тогда яркость изображения фона в верхнем слое (зеленого цвета) будет значительно больше, чем для объекта. В нижнем слое (красного цвета) яркости фона и объекта одинаковы. В результате сложения цвет фона существенно не изменится, т.е. останется зеленым. Объект на спектрональном фотоснимке будет иметь красный цвет, резко контрастирующий по отношению к зеленому, что повышает его видимость и облегчает дешифрирование.

Таким образом, на спектрональных фотоснимках объекты отличаются от фона по цвету, когда между ними имеется различие по отражательной способности в одной из зон чувствительности применяемого фотоматериала. Поэтому условием скрытия объекта от разведки с применением спектронального фотографирования является близкое соответствие спектральных характеристик объекта и фона в зонах чувствительности фотоматериала.

На спектрональных снимках легко обнаруживаются любые нарушения растительного покрова, дороги, мосты, различные инженерные сооружения. Лиственные породы леса отличаются от хвойных. Это обстоятельство необходимо учитывать при маскировке объектов растительностью.

Контраст фотографического изображения $\kappa^{\text{вид}}$ определяется соотношением эффективных яркостей объекта, фона, атмосферной дымки и коэффициента контрастности фотографирующей системы γ . Его находят по формуле:

$$\kappa^{\text{вид}} = 1 - \left(\frac{B_{\min}^{\text{эф}} + B_{\Delta}^{\text{эф}}}{B_{\max}^{\text{эф}} + B_{\Delta}^{\text{эф}}} \right)^{\gamma} \quad (3)$$

Эффективные яркости объекта, фона и дымки определяются с учетом спектральных характеристик применяемых фотопленок и светофильтров. Коэффициент контрастности фотографирующих средств зависит от типа используемой фотопленки и условий ее обработки. Применяемые в армиях иностранных государств фотопленки имеют коэффициент контрастности от 1,5 до 2,5. С увеличением высоты фотографирования обычно используются более контрастные фотоматериалы. Это объясняется стремлением компенсировать снижение контраста изображения с высотой вследствие влияния дымки.

Разрешающая способность характеризует способность фотослоя воспроизводить мелкие детали объектов фотографирования. Она определяет требования к приемам и средствам маскировки, при использовании которых затрудняется или исключается распознавание объектов.

Разрешающая способность фотоснимка выражается максимальным числом раздельно передаваемых фотослоем параллельных штрихов на белом фоне, приходящихся на 1 мм снимка. Для ее определения используют специальный "тест-объект" или мишуру, состоящую из нескольких групп черных линий (штрихов) и белых промежутков между ними. Промежутки между штрихами равны ширине штрихов. Для каждой группы ширина штрихов различна.

При определении разрешающей способности фотографирующей системы мишуру соответствующего размера устанавливают на местности и фотографируют. Рассматривая в лупу изображение миши на фотоснимке, находят ту группу, на которой еще можно различать отдельные штрихи, т.е. когда они еще не сливаются вместе. Количество предельно различимых штрихов (линий), приходящихся на 1 мм снимка, является численной характеристикой разрешающей способности и выражается в лин/мм.

Разрешающая способность фотографирующей системы определяется качеством применяемого объектива, зернистостью фотопленки и условиями фотографирования.

Один и тот же фотоаппарат, установленный на дрейфующем аэростате и скоростном самолете-разведчике, дает снимки различного качества. Во втором случае условия съемки менее благоприятны, т.к. при съемке имеет место сдвиг изображения, а фотографирование ведется сквозь плотный слой воздуха, обтекающий фюзеляж самолета. Плотность воздуха и его коэффициент преломления перед объективом аппарата непрерывно изменяются, что ухудшает качество снимка. Поэтому при решении практических задач маскировки необходимо знать разрешающую способность фотографирующих средств в реальных условиях их применения. Эта величина всегда будет в 2-4 раза меньше, чем разрешающая способность фотографической системы.

1.3.2.Оптико-электронная разведка (ОЭР)

Под оптико-электронной разведкой понимается процесс добывания информации с помощью средств, включающих входную оптическую систему с фотоприемником и электронные схемы обработки электрического сигнала, которые обеспечивают прием электромагнитных волн видимого и инфракрасного диапазонов, излученных или отраженных объектами и местностью. ОЭР предназначена для решения следующих задач:

- выявление военных и военно-промышленных объектов;
- определение их формы, размеров, состояния и боеготовности;
- вскрытие характера выпускаемой ВПО продукции, ее объема и др.;
- съемка территорий с целью картографирования местности;
- разведка метеообстановки в заданных районах.

Аппаратура ОЭР устанавливается на космических и воздушных носителях, а также может применяться в наземных условиях, например, при ведении технической разведки на территории России.

Принцип работы аппаратуры ОЭР основан на приеме собственного излучения объектов и фона или отраженного от них излучения Солнца, Луны, звездного неба. Аппаратура ОЭР позволяет отличать объект от фона при условии, что яркость объекта превышает яркость фона.

Аппаратура ОЭР подразделяется на пассивную и активную. Пассивная аппаратура разведки основана на приеме собственного или переотраженного излучения объектов разведки. Активная аппаратура разведки предполагает использование для подсвета местности собственного излучателя. Зондирующее излучение рассеивается объектами, местными предметами и местностью и часть этого излучения поступает на вход оптической системы аппаратуры разведки с последующим его преобразованием, обработкой и индикацией на соответствующих устройствах.

Аппаратура пассивной ОЭР подразделяется на телевизионную, инфракрасную и разведки лазерных излучений. Аппаратура телевизионной разведки охватывает устройства на ЭЛТ и на ПЗС. К аппаратуре ИКР относятся тепловизоры, телепеленгаторы, радиометры и ПНВ. Аппаратура разведки лазерных излучений предназначена для обнаружения, определения местоположения и распознавания средств вооружения и военной техники, в состав которых входят лазерные излучатели.

Аппаратура активной ОЭР подразделяется на лазерную со сканированием зондирующего светового луча и инфракрасную с использованием ИК излучателя для подсвета местности.

Для оценки предельных возможностей фотоприемников аппаратуры ОЭР по регистрации ЭМИ используется понятие пороговой чувствительности, определяемой минимальной мощностью светового сигнала (потоком мощности), еще воспринимаемого на фоне помехового излучения.

Диапазон длины волн, в пределах которого может работать фотоприемник, характеризуется его спектральной чувствительностью.

Аппаратура ОЭР характеризуется также разрешающей способностью, которая определяется способностью передавать и воспроизводить мелкие детали изображения с заданным контрастом. Разрешающая способность зависит как от параметров оптической системы аппаратуры, так и от характеристик используемых фотоприемников и окружающих условий функционирования аппаратуры разведки.

Телевизионная разведка

Под ТВР понимается добывание информации с помощью аппаратуры, осуществляющей прием сигналов в видимом и ближнем ИК диапазонах, отраженных объектами и предметами окружающей среды, с последующим преобразованием и обработкой принятых сигналов с целью формирования изображения объектов и местности. Электрические сигналы, соответствующие изображению местности, передаются по радиоканалу в центр сбора и обработки данных, где формируется изображение объектов и местности, над которыми пролетает носитель.

Основными характеристиками аппаратуры ТВР, определяющими качество получаемого изображения, являются спектральная чувствительность передающих телевизионных камер, масштаб изображения и его контрастность, разрешающая способность телевизионной системы, полоса пропускания радиоканала.

Спектральная чувствительность фотокатодов передающих телевизионных камер или других используемых фотоприемников характеризует оптическую область спектра, в которой работают средства ТВР. В качестве передающих камер в системах ТВР используются суперортиконы, видиконы, эйбиконы и секоны.

Фотокатоды суперортиконов действуют как фотозлементы с внешним фотоэффектом: сурмяно-цезиевые, висмуто-цезиевые, кислородно-цезиевые. Указанные фотокатоды предназначены для работы в видимой и ближней ИК области спектра в пределах от 0,4 до 1,3 мкм.

Фотокатоды видиконов, использующие внутренний фотоэффект, наиболее пригодны для разведки в ИК области, т.к. они наиболее чувствительны к излучениям до 2-3 мкм.

Таким образом, ТВР может вестись как в видимой, так и в инфракрасной части спектра в более широком диапазоне, чем ФР.

Масштаб телевизионного изображения на экране кинескопа определяется двумя факторами:

- величиной изображения, которое создается объективом на фотокатоде передающей трубки;

- соотношением размеров кадра на фотокатоде передающей трубы и на экране кинескопа.

Масштаб оптического изображения на фотокатоде $M_{опт}$ находится аналогично фотосъемке:

$$M_{опт} = \frac{f_{об}}{H} \quad (4)$$

где $f_{об}$ - фокусное расстояние применяемого объектива;

H - высота (дальность) ведения разведки.

Соотношение размеров кадра экрана кинескопа h_s и фотокатода $h_{фк}$ характеризует электронный масштаб телевизионной системы M_{mc} :

$$M_{mc} = \frac{h_s}{h_{фк}} \quad (5)$$

Масштаб изображения объектов на приемном экране телевизионной системы определяется произведением:

$$M = M_{опт} \cdot M_{mc} = \frac{f_{об}}{H} \cdot \frac{h_s}{h_{фк}} \quad (6) \quad (6)$$

Это выражение справедливо, когда размер изображения объекта или его детали на экране кинескопа больше элемента разложения. В противном случае все мелкие детали будут иметь размеры элемента разложения.

В системах ТВР используются объективы с фокусным расстоянием от 50 до 300 мм. Высота кадра на фотокатоде передающей трубы для суперортиконов составляет 24 мм, а для видиконов - 9,5 мм. Экраны кинескопов могут иметь высоту кадра от 100 до 500 мм.

Способность телевизионной аппаратуры передавать и воспроизводить мелкие детали изображения с заданным контрастом оценивается ее разрешающей способностью.

В отличие от фотоснимка качество телевизионного изображения зависит как от способа его развертки, так и от полосы пропускания радиоканала, по которому передается телевизионный сигнал. Полагая, что передача сигналов по радиоканалу производится без искажений, можно считать, что воспроизведение на телевизионном изображении мелких деталей, отличающихся по яркости, связано только с числом элементов разложения, которое определяется количеством строк развертки в кадре изображения.

Контраст телевизионного изображения определяется возможностями телевизионной системы по передаче различий в яркости между фоном или объектом или его деталями.

Особенность телевизионного изображения состоит в том, что вследствие строчечной развертки наблюдаемые на экране приемника мелкие детали объектов, величина которых соизмерима с элементами разложения, всегда имеют меньший контраст, чем крупные. Это обстоятельство необходимо учитывать при маскировочных расчетах, так как оно затрудняет распознавание объектов и облегчает их маскировку.

При делении скрываемых объектов и их деталей на мелкие и крупные исходят из величины их изображений на экране. Крупными считаются такие объекты (детали), изображение которых в три раза больше элемента разложения.

Контраст телевизионных изображений для крупных объектов K_{kp}^{vid} зависит от соотношения эффективных яркостей объекта, фона, дымки и коэффициента контрастности телевизионной системы γ . Его величина определяется по формуле, аналогичной для контраста фотографического изображения. Однако для случая телевизионного изображения имеется возможность изменять коэффициент контрастности γ телевизионной системы в процессе ведения разведки. Это позволяет увеличивать в некоторых пределах контраст наблюдаемых объектов или уменьшать контраст теней, т. е. изменять условия наблюдения по своему усмотрению. В телевизионных системах разведки коэффициент контрастности можно плавно изменять в пределах от 0,5 до 3,0.

Контраст мелких деталей K_{mel}^{vid} определяют по величине контраста крупных деталей K_{kp}^{vid} с аналогичными фотометрическими характеристиками, умножая эту величину на коэффициент α , который меньше 1.

$$K_{mel}^{vid} = K_{kp}^{vid} \cdot \alpha \quad (7) \quad (7)$$

Величина коэффициента α зависит как от соотношения линейных размеров детали объекта и элемента разложения l/l_e , так и от значения K_{kp}^{vid} . Такая зависимость для современных телевизионных средств представлена на рис. 3 [1].

Визуальное обнаружение объектов на телевизионном изображении определяется в конечном счете возможностями человеческого зрения. Известно, что объект визуально обнаруживается, когда контраст его с окружающим фоном больше порогового контраста, воспринимаемого глазом $K^{vid} > \varepsilon_{obj}$.

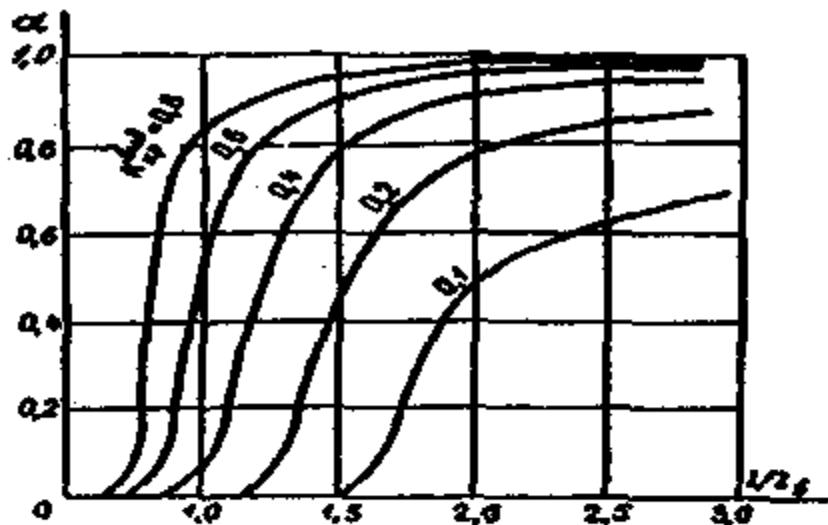


Рис. 3. Коэффициент снижения контраста мелких деталей телевизионного изображения

Известно также, что пороговый контраст зрения зависит от угловых размеров наблюдаемых объектов и их формы. В свою очередь угловой размер рассматриваемого объекта определяется отношением его линейного размера к расстоянию наблюдения. Практика показывает, что наилучшие условия наблюдения телевизионного экрана имеют место при удалении от него наблюдателя на расстояние H , равное утроенной высоте экрана $H=3h_3$.

Если размер наблюдаемого изображения объекта равен l' , то соответствующий угловой размер будет иметь величину

$$\delta = 3440 \cdot \frac{l'}{H} \approx 1150 \cdot \frac{l'}{h_3} \text{ угл. мин.} \quad (8)$$

На рис. 4 показана зависимость порогового контраста обнаружения от углового размера изображения объекта, наблюдаемого на телевизионном экране [1].

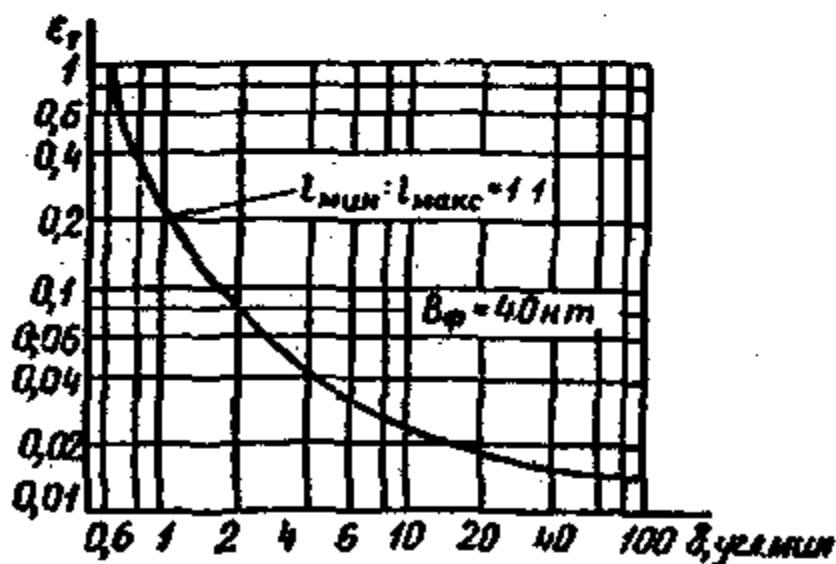


Рис. 4. Пороговый контраст обнаружения объектов на телевизионном экране

Инфракрасная разведка (ИКР)

Под инфракрасной разведкой понимается получение информации путем приема и анализа электромагнитных сигналов ИК диапазона волн, излученных или отраженных объектами и предметами окружающей местности.

ИК разведка подразделяется на видовую и параметрическую. Видовая ИК разведка обеспечивает получение информации в виде изображений различных объектов и местности, а параметрическая ИК разведка обеспечивает добывание информации, содержащейся в пространственных и излучательных характеристиках различных объектов и местности.

Анализируя отраженное объектами ИК излучение Солнца, Луны, звездного неба, можно сделать вывод, что диапазон этого излучения приходится на участок спектра до 3 мкм. Часто эту длину волны считают граничной, разделяющей отраженную и собственную составляющие ИК излучения объектов. Поэтому можно считать, что в ближней части ИК спектра (до 3 мкм) определяющей при ведении разведки является отраженная составляющая и распределение лучистости по объектам зависит от распределения коэффициентов отражения и облученности. Для ИК части спектра больше 3 мкм определяющим является собственное излучение объектов, а распределение лучистости зависит от распределения коэффициентов излучения и температуры.

В соответствии с этим современные средства разведки работают или на принципе приема отраженного объектами излучения специальных излучателей, Луны, звездного неба (приборы ночного видения, ПНВ), или приема собственного излучения объектов (тепловизоры, теплопеленгаторы, радиометры).

ПНВ делятся на активные и пассивные (с подсветом местности специальным излучателем и без подсвета местности). Все приборы, работающие на принципе приема собственного излучения объектов, являются пассивными приборами.

Пассивные средства тепловой разведки - тепловизоры - предназначены для получения визуального изображения земной поверхности и наземных объектов, имеющих различную температуру или излучательную способность.

Теплопеленгаторы позволяют определить направление на источник ИК излучения и определить его температурный контраст по отношению к окружающему фону.

Радиометры используются для измерения распределения температур по исследуемым участкам поверхности земли или объектов.

Тепловая разведка может проводиться в любое время суток, но она более эффективна ночью, когда наземные объекты не отражают солнечного света.

В качестве фотоприемников в средствах тепловой разведки используются преимущественно фотосопротивления, т.е. устройства, которые при воздействии на них лучистой энергии меняют свое электрическое сопротивление. Изменения сопротивления преобразуются далее в изменения электрического тока, которые соответствуют тепловому изображению объекта.

В зависимости от типа применяемых фотоприемников длинноволновая граница чувствительности средств тепловой разведки составляет до 3-8 мкм при использовании фотосопротивлений из сернистого или селенистого свинца и селенида индия или до 12 мкм при использовании германиевых фотосопротивлений и тройных соединений типа *Cd Fe Hg*.

Возможности раздельного обнаружения наземных объектов средствами тепловой разведки характеризуется минимальным разрешаемым углом, величина которого зависит от размеров приемной площади фотосопротивления *a* и фокусного расстояния оптической системы *f_{об}*.

$$\delta_{\min} = \frac{a}{f} \text{ рад} \quad (9)$$

Очень важным параметром приемников ИК излучений является порог чувствительности. Эта величина определяется минимальной облученностью *E_{min}*, измеряемой в Вт/см², на которую еще реагирует фотоприемник.

Чем меньшая мощность ИК излучения может быть зафиксирована приемником, тем больше расстояние, на котором обнаруживается объект.

Порог чувствительности фотоприемника к излучениям находят по формуле:

$$E_{\min_T} \approx E_{\min_{300}} \cdot \frac{\alpha_{300}}{\alpha_T} \quad (10) \quad (10)$$

где *T* – температура объекта;

α_{300} и α_T – коэффициенты использования приемником излучений с температурой 300°C и с данной температурой *T*.

В справочниках обычно приводятся данные о порогах чувствительности ИК фотоприемников относительно излучателя с температурой 300°C. При другой температуре излучателя чувствительность селективного приемника, каким является фотосопротивление, будет иной, т.к. приемник по-разному реагирует на излучения различного спектрального состава, что имеет место при изменении температуры нагретой поверхности. Поэтому пересчет порога чувствительности для данного типа приемника производят с учетом его спектральной характеристики. Для этого определяют коэффициенты α использования приемников излучений с температурой 300°C и с данной температурой *T* (рис. 5) [1].

$$\alpha_T = \frac{B_T^{\text{эф}}}{B_T^{\text{эн}}} = \frac{\int \sigma_{\lambda T} S_\lambda d\lambda}{\int \sigma_{\lambda T} d\lambda} = \frac{F_1}{F_2} \quad (11) \quad (11)$$

где: $B_T^{\text{эф}}$, $B_T^{\text{эн}}$ - эффективная и энергетическая яркости излучения в относительных единицах;

F_1 , F_2 - площади на графике рис.5, соответствующие величинам эффективной и энергетической яркости.

Для фотосопротивлений из сернистого свинца, например, порог чувствительности к излучениям с температурой 200 и 100°C возрастает по сравнению с паспортным порогом (при 300°C) соответственно в 3 и 20 раз.

Чтобы повысить чувствительность и увеличить дальность действия тепловых средств разведки, применяют различные оптические системы в виде линз или вогнутых зеркал. Порог чувствительности фотоприемника при наличии оптической системы определяют по формуле:

$$E_{\min,oc} = E_{\min,} \frac{1}{\tau_{optm}} \left(\frac{d_{np}}{d_{optm}} \right)^2 \quad (12) \quad (12)$$

где τ_{optm} – прозрачность оптики для ИК лучей;

d_{np} , d_{optm} – диаметры приемной площадки фотосопротивления и оптической системы.

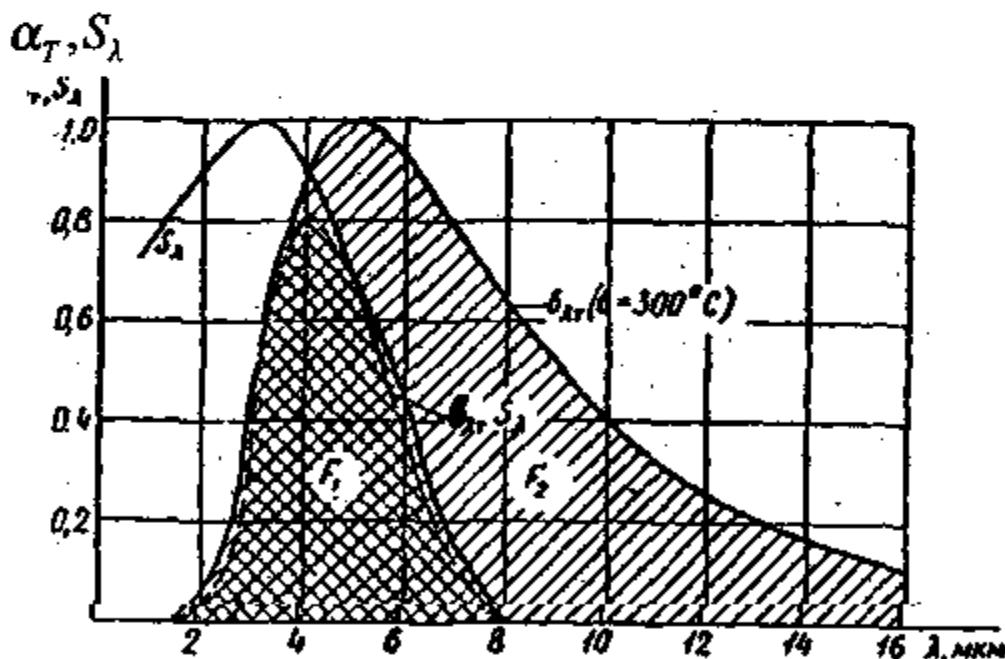


Рис. 5. Графическое определение коэффициента использования излучений приемников

Зная величину порога чувствительности, можно установить, с какой дальности обнаруживаются тепловыми средствами разведки незамаскированные объекты и до какого уровня требуется снижать тепловое излучение маскируемых объектов, чтобы обеспечить их скрытие.

Дальность обнаружения объектов тепловыми средствами разведки в конечном счете определяется температурой нагрева их поверхностей. Поэтому с практической точки зрения удобно представить зависимость дальности обнаружения объектов от площади и температуры нагрева их поверхностей (рис. 6) [1].

Приборы тепловой разведки могут обнаруживать объекты, температура которых отличается от фона на десятые доли градуса.

Большинство средств тепловой разведки, используемые в настоящее время, работают в спектральных диапазонах 3-5 и 8-14 мкм, соответствующих окнам прозрачности атмосферы для ИК излучений. Угловая разрешающая способность находится в пределах от 0,5 до 2,0 мрад, температурная чувствительность составляет от 0,05 до 1°C.

Приборы ночного видения (ПНВ) предназначены для ведения наблюдения вочных условиях. Основным элементом ПНВ как активного, так и пассивного типа является электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который представляет собой электровакуумную трубку с фотокатодом на одном конце и люминесцентным экраном на другом. ИК изображения местности или объекта, создаваемое объективом на фотокатоде ЭОП(а), преобразуется в видимое изображение на экране. Преобразование изображения про-

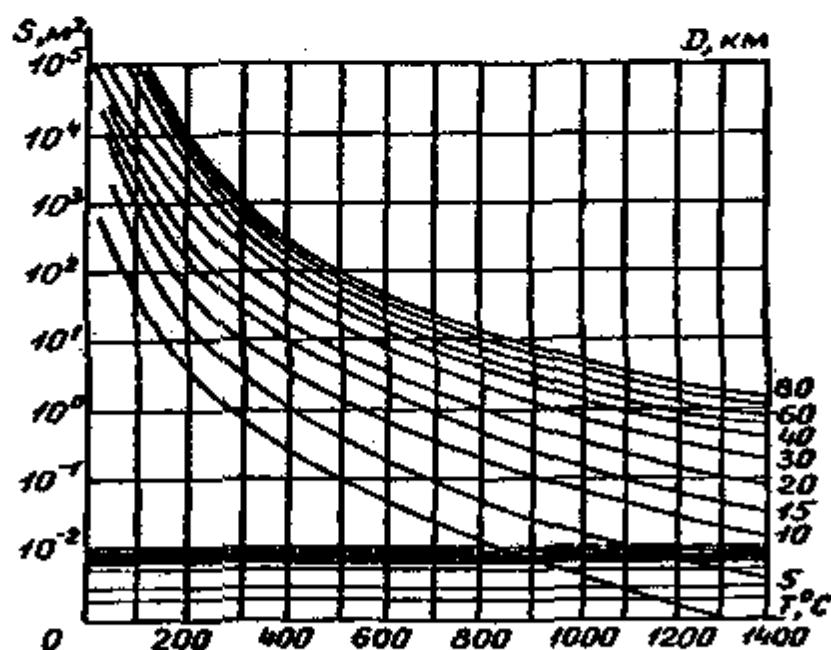


Рис. 6. Дальность теплового обнаружения объектов в зависимости от площади и температуры их поверхностей

изводится с помощью фокусирующего электростатического поля, созданного в преобразователе между фотокатодом и экраном. ИК излучение, воздействуя на фотокатод, высвобождает электроны, которые под влиянием электрического поля двигаются к экрану. Электроны, попадая на экран, вызывают его свечение и на нем появляется изображение местности и наблюдаемых объектов. Яркость изображения соответствует распределению интенсивности ИК излучения на фотокатоде. Полученное изображение рассматривается в увеличенном виде через окуляр.

ПНВ активного типа действуют следующим образом. Местность подсвечивается специальным ИК прожектором или лазерным излучателем, входящем в состав ПНВ. Отраженное местностью и предметами на ней ИК излучение воспринимается оптической системой (объективом) и фокусируется на фотокатоде ЭОП(а). Видимое изображение местности наблюдается на экране ЭОП(а).

Дальность видимости ПНВ активного типа зависит от мощности ИК прожектора и составляет 0,2-1,5 км.

Пассивные ПНВ, действующие без подсветки, позволяют вести наблюдение ночью при естественной освещенности. Приборы работают на принципе усиления яркости изображения объектов, освещаемых светом ночного неба, луны и звезд. ПНВ без подсветки состоит из объектива, ЭОП(а), который работает как усилитель света, и окуляра. Для увеличения чувствительности ПНВ применяется последовательное соединение двух и более ЭОП(ов) таким образом, чтобы свет, излучаемый экраном первого ЭОП(а), попадал на фотокатод второго и т. д. Приборы с последовательным соединением нескольких ЭОП(ов) получили название каскадных. Усилитель света в виде каскадного ЭОП(а) с мультищелочным катодом увеличивает яркость наблюдаемых объектов до 40 000 раз.

Бесподсветные ПНВ используются при ведении наземной разведки, обеспечивая дальность видимости ночью до километра и более.

Основными характеристиками ПНВ являются: спектральная чувствительность ЭОП(ов), увеличение приборов, контрастность изображения, разрешающая способность.

Спектральная чувствительность ЭОП(а) определяется материалом применяемого фотокатода. В приборах с подсветкой местности используются кислородно-цециевые фотокатоды, а в бесподсветных приборах - мультищелочные. Первый тип ФК имеет максимальную чувствительность в диапазоне 0,75-1,3 мкм.

ЭОП(ы) ПНВ без подсветки работают в видимом диапазоне, захватывая небольшую область ИК спектра до 0,9 мкм. Спектральная чувствительность средств ночного видения иллюстрируется графиками (рис. 7) [1].

Увеличение или кратность ПНВ определяется отношением видимых угловых размеров объектов при наблюдении с помощью прибора и без него.

Кратность Γ любого ПНВ зависит от величины фокусных расстояний объектива и окуляра, а также электронного увеличения ЭОП(а) и находится по формуле

$$\Gamma = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \Gamma_{эл} \quad (13)$$

где: $f_{об}$, $f_{ок}$ - фокусное расстояние объектива и окуляра;

$\Gamma_{эл}$ - электронное увеличение ЭОП(а).

Если объект с размером l наблюдается с расстояния D , то его видимый угловой размер будет равен

$$\delta = 3440 \frac{l}{D} \Gamma \text{ угл. мин.} \quad (14)$$

Выражение справедливо во всех случаях, когда угловые размеры δ объекта или его деталей больше величины минимально разрешаемого угла δ_{min} .

Контрастность изображения определяется соотношением яркостей фона и объекта на экране ЭОП(а). Ее находят по основной формуле для оптического контраста. При этом необходимо иметь в виду следующее:

1) коэффициент контрастности γ для ЭОП(ов) ПНВ равны единице;

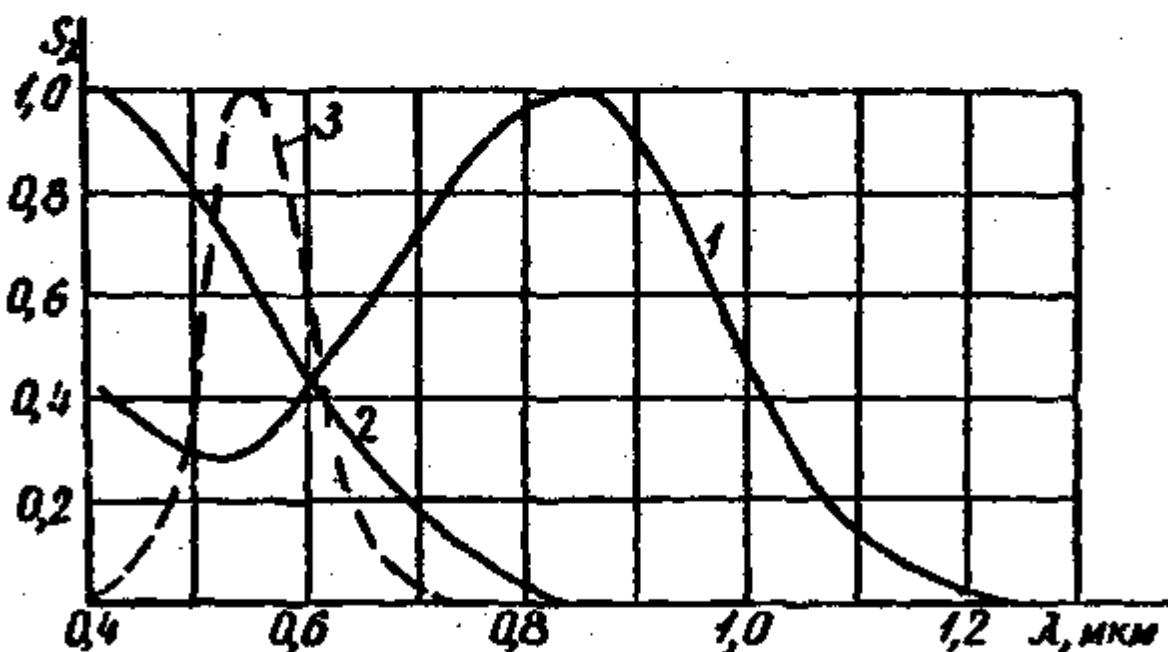


Рис. 7. Спектральная чувствительность фотокатодов

электронно-оптических преобразователей:

1 – приборов ночного видения с подсветкой;

2 – бесподсветочных приборов; 3 – чувствительность глаза

2) влиянием дымки при наблюдении в ПНВ можно пренебречь, т.к. ИК излучение рассеивается атмосферой незначительно, а приборы имеют сравнительно небольшую дальность действия;

3) при отсутствии облучения экран ЭОП(а) светится, эта паразитная или, как ее называют, темновая яркость экрана $B_{тем}$ накладывается на яркость изображений фона и объекта, что снижает видимый контраст.

Таким образом, контрастность изображения объектов, наблюдаемых в ПНВ, будет определяться выражением

$$K_{вид} = 1 - \frac{B_{мин}^{\text{эф}} + B_{тем}^{\text{эф}}}{B_{макс}^{\text{эф}} + B_{тем}^{\text{эф}}} \quad (15) \quad (15)$$

где $B_{тем}^{\text{эф}}$ - эффективная темновая яркость экрана ЭОП(а).

Разрешающая способность ПНВ определяется тем предельно малым углом $\delta_{мин}$ при котором наблюдатель может отличить изображение близко расположенных точек (линий) контура объекта. Величина этого угла зависит в основном от линейной разрешающей способности экрана ЭОП(а) и может быть найдена по формуле

$$\delta_{мин} = \frac{1700}{R_3 f_{об} \Gamma_{эл}} \text{ угл. мин.} \quad (16) \quad (16)$$

где R_3 - разрешающая способность экрана ЭОП(а), лин/мм;

$f_{об}$ - фокусное расстояние объектива прибора, мм;

$\Gamma_{эл}$ - электронное увеличение ЭОП(а).

В современных ЭОП(ах) разрешающая способность при абсолютном контрасте не превышает 40-50 штрихов на 1 мм; оптическое увеличение ЭОП(ов) для ПНВ с подсветкой имеет величину 0,5 - 01,0, а для бесподсветных ПНВ - 0,3-0,6.

Разрешающая способность ЭОП(ов) снижается с уменьшением контраста наблюдаемых объектов и их освещенности.

Лазерная разведка и разведка лазерных излучений

Под лазерной разведкой понимается процесс получения видовой информации путем облучения местности зондирующими лазерными сигналами с последующим приемом и анализом отраженного от местности и объектов лазерного излучателя.

Лазерная разведка решает те же задачи, что и фоторазведка. Однако по сравнению с последней она имеет следующие преимущества:

- обеспечивает возможность скрытного ведения разведки в ночных условиях;
- обеспечивает оперативную обработку и передачу разведывательной информации на пункт сбора и обработки данных.

В настоящее время средства лазерной разведки используются только на воздушных носителях. Однако в соответствии с программой НАСА создается лазерная система, которую предполагают использовать для ведения разведки из космоса. Для этой системы разрабатывается специальный лазер, работающий в режиме излучения коротких импульсов с большой пиковой мощностью.

Принцип действия лазерной системы воздушной разведки заключается в следующем. Узконаправленный луч лазера с помощью вращающейся зеркальной многогранной призмы сканируется по местности перпендикулярно направлению полета самолета (рис. 8). Одновременно с лучом лазера сканируется приемная оптическая система с фотоприемником (ФП), которая воспринимает отраженные объектами и местностью лазерные сигналы и фокусирует принятые излучение на ФП. ФП преобразует лазерные излучения в электрические сигналы, амплитуда которых изменяется в соответствии с интенсивностью принятого лазерного излучения. После соответствующей обработки электрических сигналов формируется строка изображения местности, над которой пролетает носитель разведывательной аппаратуры.

Разворотка изображения местности по кадрам осуществляется за счет перемещения носителя по курсу.

Изображение местности в лазерных системах разведки может регистрироваться либо на фотопленку, либо воспроизводиться на экране электронно-лучевой трубки. Возможна также передача данных лазерной разведки на землю по радиоканалу.

Длина волны зондирующего излучения лазера должна совпадать с окнами прозрачности атмосферы и лежать в области максимальной контрастности объектов разведки и фонов. Выбор ФП для конкретной системы разведки производится исходя из минимальной пороговой чувствительности для данного спектрального диапазона. Постоянная времени и частотная характеристика ФП выбирается в соответствии с характеристиками передающей и приемной оптики, т.е. ФП с усилителем не должны ухудшать разрешающую способность лазерной системы.

Основными тактико-техническими характеристиками лазерной системы разведки являются высота применения H , угол сканирования или поперечный захват местности, разрешающая способность системы, допустимый диапазон изменения отношения скорости полета носителя W к высоте полета W/N , рабочие длины волн и ограничения по методологическим условиям.

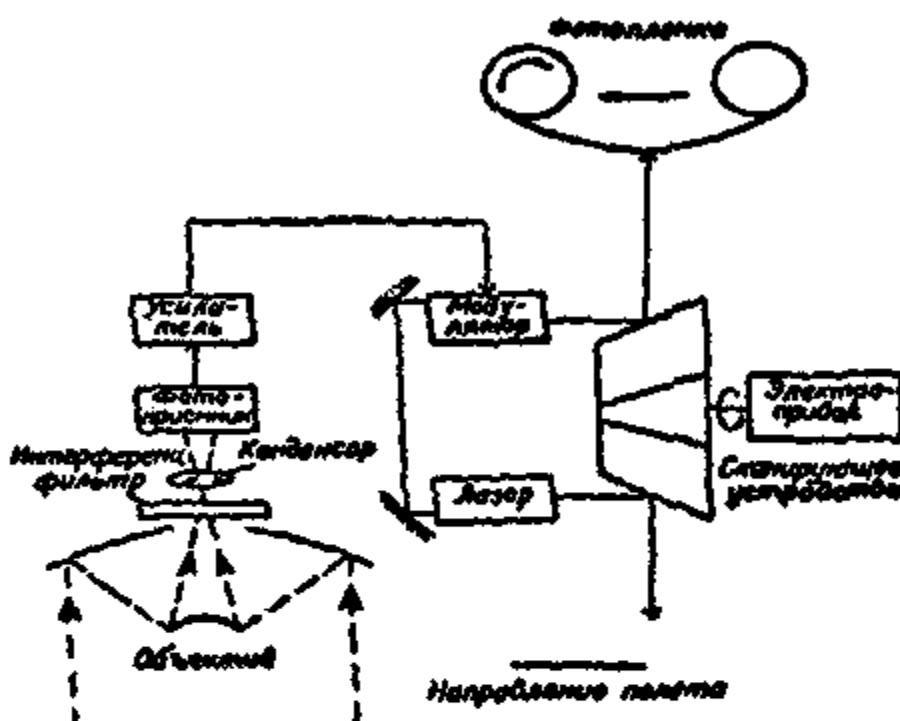


Рис. 8. Упрощенная функциональная схема лазерной системы воздушной разведки с записью изображения на фотопленку

Высота применения зависит от многих факторов: мощности лазера, чувствительности ФП, коэффициента ослабления лазерного излучения в атмосфере, угловой разрешающей способности системы и других параметров. Жестко с ней связан и диапазон изменения отношения W/H . Угол сканирования зависит от типа сканирующего устройства, угла поля зрения приемной оптики, мощности лазера. Разрешающая способность лазерной системы определяется шириной зондирующего лазерного луча и углом поля зрения приемной оптики. В системе линейного сканирования при фиксированных значениях ширины луча и поля зрения приемного объектива линейная разрешающая способность является функцией высоты и угла сканирования.

В настоящее время существенно возросло использование лазерных устройств в системах вооружения и военной техники. В частности широкое применение лазерные приборы находят в системах дальномерирования, локации, подсвета и целеуказания, наведения средств поражения, связи, навигации, силового воздействия. В связи с этим возникает проблема обнаружения и распознавания этих устройств. Эта проблема может быть решена с помощью средств разведки лазерных излучений, обеспечивающих добывание информации, которая содержится в оптических сигналах лазерной техники различного назначения.

1.3.3. Радиоэлектронная разведка

Радиоэлектронная разведка (РЭР) - это процесс получения информации в результате приема и анализа электромагнитных излучений радиодиапазона, создаваемых работающими радиоэлектронными средствами (РЭС).

ЭМИ, создаваемые объектами разведки, могут быть первичными (собственными) или вторичными (отраженными).

Излучения РЭС - это прежде всего их основные (собственные) излучения, обеспечивающие функционирование РЭС по предназначению. Особенность основных излучений - детерминированный характер их пространственной, временной и спектральной структуры (диаграмма направленности излучения, длительность и период следования излучаемых импульсов, несущая частота, вид амплитудного и фазового спектра, ширина спектра и т.д.).

Наряду с основными при работе передатчиков РЭС имеются и неосновные излучения, которые лежат вне пределов полосы частот, необходимой для передачи информации или создание помех, и содержат определенную информацию о излучающих объектах.

Вторичные ЭМИ - это излучения, возникающие в результате отражения (рассеяния) электромагнитных волн (ЭМВ), облучающих объект. Падающие на объект ЭМВ рассеиваются им во всех направлениях, в том числе и в направлении на источник зондирующего излучения.

Для вторичного излучения реальных объектов (самолет, корабль, танк и т. д.) характерна зависимость его параметров (интенсивности, спектра, поляризации, наклона фазового фронта) от отражательной способности, геометрической формы и размеров объекта, поляризации падающей волны взаимной ориентации источника излучения и облучаемого объекта, и, наконец, от параметров их относительного движения.

Наличие первичных и вторичных ЭМИ объектов позволяют вести разведку объектов и их распознавание.

РЭР позволяет решать следующие задачи: обнаруживать объекты, определять их местоположение и параметры движения; определять параметры объектов и характер их изменения во времени; определять назначение объектов и их типы, перехватывать передаваемую по каналам связи информацию.

Средства РЭР работают в пассивном или активном режиме (без излучения ЭМВ или с их излучением) в широком диапазоне спектра радиочастот.

РЭР имеет ряд особенностей:

- охватывает большие районы, пределы которых определяются особенностями распространения ЭМВ различных участков спектра;
- функционирует непрерывно в любое время года и суток и при любых метеоусловиях;

- действует без непосредственного контакта с объектами разведки, что определяет ее недоступность во многих случаях для средств поражения противника;
- обеспечивает получение достоверной информации, поскольку она исходит непосредственно от противника (за исключением случаев дезинформации);
- позволяет получать большое количество самой разнообразной информации об объектах противника;
- обеспечивает получение информации в кратчайшие сроки и чаще всего в реальном масштабе времени, т.к. время доставки информации определяется временем распространения радиоволны.

В зависимости от типа носителя РЭР делится на следующие виды: космическую, воздушную, морскую и наземную.

По применяемым принципам и объектам разведки она подразделяется на:

- радиоразведку (РР);
- радиотехническую разведку (РТР);
- радиолокационную разведку (РЛР), видовую и параметрическую;
- радиотепловую разведку;
- разведку побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН).

Радиоразведка

РР - пассивная разновидность РЭР предназначена для получения данных о противнике путем поиска, перехвата, пеленгования и анализа излучений его РЭС связи (радиостанций), радиотелеметрии и радионавигации. РР осуществляется с помощью специальных разведывательных станций, радиопеленгаторов и разведывательных комплексов.

В результате разведки определяются: содержание передаваемой информации, местоположение и ТТХ радиостанций, интенсивность их работы за некоторый период времени, система сетей связи, плотность размещения радиостанций в определенных районах.

Анализ данных РР позволяет:

- получать информацию о морально-политическом и экономическом положении страны;
- получать информацию о взаимосвязях промышленных и научных организаций;
- вскрывать структуру сетей связи, дислокацию узлов связи;
- определять местоположение В и ВПО, их принадлежность, профиль и характер деятельности;
- выявлять системы управления и связи;
- вскрывать отработку новых систем связи, определять виды сигналов и характеристики этих систем;

- определять параметры новых образцов ракетной техники по данным перехвата телеметрической информации, передаваемой с борта ракеты (при испытательных пусках);
- вскрывать группировки и боеготовность войск и сил флота.

Радиотехническая разведка

РТР - пассивная разновидность РЭР обеспечивает получение сведений о противнике путем обнаружения и анализа сигналов, излучаемых РЭС локации, навигации, управления и средствами РЭБ, а также радиоизлучений технических устройств и технологического оборудования электрогенераторов и электродвигателей, трансформаторов, реле, коммутирующих устройств, систем зажигания двигателей внутреннего сгорания и т.д.

Средства РТР используются для решения следующих задач:

- определение назначения, типа и местоположения РЭС по данным измерения параметров принятых сигналов;
- вскрытие дислокации и назначения В и ВПО;
- определение состава группировок и деятельности вооруженных сил;
- вскрытие систем радиотехнического обеспечения ПСО, ПРО и ПКО;
- определение состояния и перспектив развития радиоэлектронного вооружения.

Радиолокационная разведка

РЛР - активная разновидность РЭР, обеспечивающая получение информации путем облучения объектов разведки и окружающей среды зондирующими радиосигналами с последующим приемом и анализом части рассеянного объектами зондирующего излучения.

РЛР делится на видовую и параметрическую. Видовая РЛР обеспечивает добывание информации содержащейся в изображениях различных объектов местности, а параметрическая РЛР связана с получением информации, которая содержится в пространственных, скоростных и отражательных характеристиках космических, воздушных, наземных и морских объектов.

РЛР предназначена для обнаружения, определения координат и параметров движения наземных, воздушных и космических объектов; радиолокационной съемки территории с целью картографирования местности; определения метеоусловий в заданных районах.

Для ведения РЛР применяются в основном пять типов РЛС:

- РЛС бокового обзора, устанавливаемые на космических и воздушных носителях и обеспечивающие получение видовой информации о местности и объектах, над которыми пролетает носитель аппаратуры;
- наземные загоризонтные РЛС, предназначенные для обнаружения низколетящих целей и запусков баллистических ракет (БР);

- РЛС обнаружения объектов в космическом пространстве;
- РЛС разведки движущихся наземных целей и засечки артиллерийских и минометных позиций по рассчитанной траектории полета снаряда;
- РЛС разведки метеоусловий в заданных районах.

Широкое применение РЛС для ведения разведки обусловлено рядом преимуществ радиолокационного наблюдения:

- возможность ведения разведки в любых погодных условиях (дымка, облака, туман, дождь, пыль, снег, дым);
- ведение разведки не зависит от освещенности земной поверхности, что обеспечивает возможность наблюдения в любое время суток;
- возможность наблюдения объектов, замаскированных от оптической разведки;
- возможность селекции движущихся объектов на фоне неподвижных местных предметов, создающих помеховые сигналы;
- возможность обнаружения объектов на больших расстояниях (сотни и тысячи километров).

Основными характеристиками аппаратуры РЛР являются:

- несущая частота или длина волн излучаемых колебаний;
- длительность и период следования импульсов;
- средняя и пиковая мощность зондирующего излучения;
- форма и ширина диаграммы направленности антенны (ДНА), коэффициент усиления антенны;
- законы сканирования ДНА в пространстве;
- чувствительность приемного устройства;
- разрешающая способность по дальности и угловым координатам;
- точность измерения координат объектов.

Длина волны λ является основной характеристикой излучения РЛС. В подавляющем большинстве современные РЛС работают в диапазоне частот от 75 до 30000 МГц (от 0,8 до 400 см). Исключение составляют загоризонтные РЛС, работающие в диапазоне коротких волн.

Длительность зондирующих сигналов и период их следования определяют возможности РЛС по разрешающей способности и дальности действия, а также возможность работы РЛС в различных условиях. Современные РЛС излучают импульсы длительностью от сотых долей наносекунды до миллисекунды.

Мощность излучения РЛС в пределах ДНА не одинакова. Она имеет наибольшее значение вдоль оси ДНА и убывает при отклонении от осевой линии. Если отложить вдоль радиусов, расходящихся из точки расположения станции, отрезки, пропорциональные мощности излучения в данном направлении и соединить их концы плавной кривой, то получим ДНА РЛС. Ее угловую ширину принято характеризовать углом Q , в пределах которого мощность излучения уменьшается не более, чем в два раза по сравнению с излучением вдоль оси.

Коэффициент усиления антенны G РЛС показывает, во сколько раз повышается плотность излучения электромагнитной энергии по оси радиолуча по сравнению с равномерным излучением мощности передатчика по всем направлениям. G зависит от длины волны излучения. Наибольшее значение G достигается в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн.

Чувствительность приемника P_{np} РЛС характеризуется наименьшей мощностью принятого антенной сигнала, отметку которого еще можно обнаружить на экране индикатора на фоне шумов. Современные РЛС имеют чувствительность $10^{-11} \dots 10^{-14}$ Вт.

Разрешающая способность по дальности δ_d характеризует минимальное расстояние между двумя объектами на местности (взятое по направлению на РЛС), при котором эти объекты еще наблюдаются раздельно на экране индикатора.

Разрешающая способность по дальности зависит от длительности зондирующего импульса и может быть определена по формуле

$$\delta_d = \frac{c \tau_u}{2} \quad (17) \quad (17)$$

где τ_u – длительность импульса;

c – скорость распространения ЭМВ.

Например, при $\tau_u = 0,1$ мкс, $\delta_d = 15$ м.

Разрешающая способность по направлению (азимуту) определяет тот минимальный угол в горизонтальной плоскости, при котором два соседних объекта, находящиеся на дуге одного радиуса от станции, наблюдаются раздельно. Разрешающая способность по азимуту δ_Q определяется шириной ДНА в горизонтальной плоскости:

$$\delta_{Q_e} = Q_e$$

Аналогично, разрешающая способность по углу места (в вертикальной плоскости) будет определяться шириной ДНА в вертикальной плоскости, т.е.

$$\delta_{Q_\theta} = Q_\theta$$

Чем лучше разрешающая способность РЛС, тем более четкое изображение объектов будет на экране индикатора и более высокая точность измерения дальности.

При практических расчетах δ_Q удобно выражать в линейной мере, т.е. как линейное расстояние δ_x между двумя объектами на местности (равноудаленными от РЛС на расстояние D), при котором эти объекты еще наблюдаются раздельно

$$\delta_x = Q D$$

Радиотепловая разведка

Радиотепловая разведка основана на обнаружении и определении местоположения наземных, морских, воздушных и космических объектов по их тепловому излучению в радиодиапазоне. Характеристики радиотеплового излучения (интенсивность, спектральный состав, спектральная плотность) зависят от физических свойств вещества и температуры объекта.

Данная разведка ведется с помощью радиотеплолокационных станций (РТЛС), устанавливаемых на воздушных и космических носителях. Радиотепловая разведка возможна только при наличии контрастности теплового излучения объектов и фона (земной поверхности, неба и т.д.). Контрастность объекта и окружающего фона оказывает существенное влияние на дальность действия РТЛС.

Реальный радиотепловой сигнал излучаемый объектами, представляет собой непрерывный шум с очень широким сплошным спектром (от метрового до миллиметрового диапазона волн) и низкой спектральной плотностью. Интенсивность радиотеплового излучения объектов составляет от общей интенсивности теплового излучения в милли- и субмиллиметровом диапазонах сотые и десятые доли процента, а в сантиметровом и дециметровых диапазонах - сотые и тысячные доли процента. Поэтому для увеличения мощности принимаемого сигнала применяются приемные устройства с очень широкой полосой пропускания - сотни и тысячи мегагерц. В результате этого мощность принимаемого сигнала может достигать величины 10^{-10} Вт.

Существенными преимуществами радиотепловой разведки являются абсолютная скрытность ее ведения и независимость от метеоусловий. Скрытность обусловлена пассивным режимом работы РТЛС, а всепогодность радиотепловой разведки обеспечивается за счет работы в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн. Зависимость условий распространения от состояния среды в этих диапазонах не столь значительно по сравнению с ИК диапазоном.

Разведка побочных ЭМИ и наводок

Разведка побочных ЭМИ и наводок (ПЭМИН) обеспечивает добывание информации, содержащейся непосредственно в формируемых, передаваемых или отображаемых (телефонных, телеграфных, телеметрических и т.д.) сообщениях и документах (текстах, таблицах, рисунках, картах, снимках, телевизионных изображениях и т.д.) с использованием радиоэлектронной аппаратуры, регистрирующей ЭМИ и электрические сигналы, наводимые первичными ЭМИ в токопроводящих цепях различных технических устройств и конструкциях зданий.

1.3.4. Гидроакустическая и акустическая разведка

1.3.4.1. Гидроакустическая разведка (ГАР)

Под ГАР понимается получение информации путем приема и анализа акустических сигналов инфразвукового, звукового и ультразвукового диапазонов, распространяющихся в водной среде от надводных и подводных объектов.

ГАР включает в себя:

- разведку гидроакустических шумовых полей, создаваемых работающими гребными винтами, различными двигателями и механизмами надводных кораблей и подводных лодок;
- гидролокационную видовую разведку, обеспечивающую добывание информации, содержащейся в изображениях дна и объектов и получаемой из принимаемых отраженных сигналов;
- гидролокационную параметрическую разведку, обеспечивающую получение информации, содержащейся в пространственных, скоростных и других характеристиках объектов и получаемой из принимаемых отраженных сигналов;
- разведку гидроакустических сигналов, создаваемых различными работающими средствами гидроакустического вооружения надводных кораблей и подводных лодок;
- разведку звукоподводной связи с целью перехвата сообщений (информационных потоков), передаваемой по каналам этой связи, а также определение тактических и технических характеристик систем звукоподводной связи.

По принципу использования энергии акустического излучения средства ГАР делятся на активные (гидролокаторы) и пассивные. Гидролокатор работает на принципе излучения в водной среде зондирующих акустических сигналов с последующим приемом и анализом отраженных от объектов и морского дна эхо-сигналов.

При ведении пассивной ГАР используются шумопеленгаторы, которые принимают и анализируют шумовые акустические излучения в водной среде, возникающие при работе двигателей, гребных валов, машин и механизмов различных агрегатов надводных кораблей (НК), подводных лодок (ПЛ) и других плавсредств, а также средства разведки, предназначенные для приема и анализа акустических сигналов, создаваемых гидролокаторами, эхолотами, системами гидроакустической связи и другим гидроакустическим вооружением НК, ПЛ и судов.

ГАР решает следующие основные задачи:

- определение параметров первичных шумовых полей объектов, функционирующих в водной среде, с целью выявления их классификационных признаков;

- определение параметров излучения активных гидроакустических средств (ГАС) НК, ПЛ, минно-торпедного оружия и средств гидроакустического подавления с целью получения данных, необходимых для организации гидроакустического подавления;
- определение уровня развития гидроакустической техники и выявление профиля ВПО и направления проводимых работ в прибрежных районах;
- определение гидролокационных характеристик ПЛ, НК, минно-торпедного вооружения;
- перехват информации, передаваемой по каналам гидроакустической связи;
- картографирование рельефа дна на подходах к побережью, проливов и фарватеров, военно-морских баз, а также выявление мест установки и элементов конструкций подводных стационарных сооружений;
- выявление дислокации и маршрутов перемещения объектов ВМФ по их шумовым полям и сигналам активных ГАС;
- выявление подводных стартов ракет и торпед, определение их мест, глубины и количества.

В гидролокаторах и шумопеленгаторах прием полезных сигналов происходит на фоне гидроакустических помех различного происхождения. Кроме того, при работе гидроакустической аппаратуры существуют сложные взаимосвязи между аппаратурой, средой, в которой распространяется сигнал, и объектом разведки. Именно эти взаимосвязи определяют дальность действия аппаратуры в реальных условиях.

Основными характеристиками аппаратуры ГАР являются:

- рабочая частота;
- акустическая мощность;
- ширина ДН акустической антенны;
- диапазон рабочих частот.

Существо перечисленных характеристик не отличается от соответствующих характеристик средств РЛС.

При оценке возможностей средств ГАР важную роль играют пространственно-временные характеристики среды распространения:

- распределение температуры и солености воды;
- гидростатическое давление;
- отражающие свойства морской поверхности и дна.

Кроме того, на дальность действия аппаратуры ГАР влияют:

- отражающая способность цели (сила цели);
- уровень создаваемого объектом шумового излучения;
- взаимное расположение аппаратуры разведки и цели.

Большую, а в некоторых случаях и решающую роль играет уровень акустических помех на входе приемного устройства.

Учет всех этих факторов и параметров необходим для оценки возможности обнаружения подводных объектов.

1.3.4.2. Акустическая разведка (АР)

Под акустической разведкой понимается получение информации путем приема и анализа акустических сигналов инфразвукового, звукового ультразвукового диапазонов, распространяющихся в воздушной среде от объектов разведки.

АР обеспечивает получение информации, содержащейся непосредственно в произносимой, либо воспроизводимой речи (акустическая речевая разведка), а также в параметрах акустических сигналов, сопутствующих работе вооружения и военной техники, механических устройств оргтехники и других технических систем (акустическая сигнальная разведка).

АР решает следующие задачи:

- дистанционный перехват смысловой речевой информации;
- определение технических и тактических характеристик вооружения (В) и военной техники (ВТ) (оценка мощности взрывов боеприпасов и взрывчатых веществ при их испытаниях, определение параметров авиационных и ракетных двигателей при их стендовых испытаниях и т.д.);
- определение характера и направленности работ на военно-промышленных объектах;
- определение шумовых сигнатур В и ВТ.

Для решения указанных задач АР использует портативную аппаратуру приема и регистрации акустических сигналов и стационарную аппаратуру их обработки и анализа.

Аппаратура АР основана на использовании свойств среды передавать звуковые колебания. Акустические приборы обеспечивают получение самой разнообразной информации (секретная речевая информация, акустические сигналы и шумы, создаваемые различными видами техники).

Информационная ценность полученной речевой информации зависит от ее качества, которое определяется соотношением физических характеристик речи и шума в месте приема.

К основным физическим характеристикам речи, определяющим ее сущность, относятся: спектр речевого сигнала, определяющий полосу звуковых частот; спектр огибающей речевого сигнала, определяющий моменты перехода звуковых колебаний речевого сигнала через нуль.

Полоса звуковых частот, занимаемая речевым сигналом, лежит в пределах от 100 до 10000 Гц и имеет максимум спектральной мощности в области 300-500 Гц. В телефонии используется полоса от 300 до 3400 Гц, что доста-

точно для безошибочного восприятия речи и распознавания голоса говорящего.

Речевая информация может быть перехвачена по двум каналам: непосредственно через акустическое поле путем прослушивания и через паразитные электрические сигналы или другие физические поля.

В аппаратуре АР для перехвата речевой информации и ее регистрации применяются направленные микрофоны и приборы звукозаписи.

Для приема, регистрации и анализа акустических сигналов, присущих промышленным, военно-промышленным объектам, а также различным видам боевой техники, применяются звуко- и виброметрические приборы.

Дальность действия акустических приборов лежит в пределах от нескольких десятков метров до нескольких километров и зависит от мощности акустических сигналов и от состояния среды распространения.

В качестве акустических разведывательных приборов используются:

- измерительные микрофоны, перекрывающие инфразвуковой, звуковой и ультразвуковой диапазоны;
- прецизионные шумомеры, позволяющие с большой точностью измерять уровни шумов, звука и вибраций в широком диапазоне частот (в комплекте с анализаторами спектра акустических сигналов);
- геофонные датчики, измеряющие сейсмические волны;
- частотные анализаторы и спектрометры, обеспечивающие определение АЧХ источников акустических шумов.

Обработка и анализ принятых акустических сигналов может осуществляться с помощью ЭВМ.

Для акустических измерений обычно используется несколько комплексов звуко- и виброметрических приборов, в состав которых входят:

- конденсаторные измерительные микрофоны, обеспечивающие прием акустических колебаний в диапазоне частот от 0,01 Гц до 140 кГц;
- импульсные прецизионные шумомеры, предназначенные для измерений звука и вибраций (модели 2209 и 2203).

Динамический диапазон измеряемых уровней - 15-160 дБ (модель 2209) и 15-150 дБ (модель 2203).

Диапазон частот: 2 Гц - 70 кГц (модель 2209) и 10 Гц - 25 кГц (модель 2203).

Шумомеры моделей 2209 и 2203 в комплекте с набором фильтров могут использоваться в качестве портативных звукоанализаторов.

1.3.5. Радиационная и химическая разведка

1.3.5.1. Радиационная разведка (РДР)

Под РДР понимается процесс получения информации в результате приема и анализа радиоактивных излучений, связанных с выбросами и отходами атомного производства, хранением и транспортировкой радиоактивных материалов, ядерных зарядов и боеприпасов, производством и эксплуатацией ядерных реакторов, двигателей и радиоактивным заражением местности.

РДР решает следующие задачи:

- определение дозовых характеристик вокруг объекта разведки и их изменений во времени;
- определение маршрутов перевозки источников радиоактивных излучений;
- определение районов с повышенным уровнем радиации;
- наличие источников радиоактивных излучений в транспортном средстве;
- определение содержания отдельных видов изотопов на местности, в аэрозолях, атмосфере, жидкости;
- определение изотопного состава излучателей, типа источника излучения.

Аппаратура дистанционной РДР - аппаратура дистанционного обнаружения и измерения параметров радиационного поля - пространственно-временного распределения гамма или нейтронного излучения разведываемого объекта.

Как правило, разведка объектов с помощью дистанционных средств РДР ведется по двум составляющим радиационного поля объекта: по нейtronам и γ -квантам.

Первые, не обладая достаточно информативными параметрами излучения, характеризуются большой проникающей способностью, благодаря чему реальные объекты (без защиты) могут обнаруживаться в воздушной среде на расстоянии до 1,5 км.

Вторые являются наиболее информативными, т. к. спектральные компоненты их характеристических спектров энергий несут непосредственную информацию о изотопах и химическом составе вещества-излучателя. Однако γ -излучения могут быть обнаружены в аналогичных условиях лишь на расстоянии до 500 м.

Аппаратура отбора радиоактивных проб почвы, воды и воздуха в районе дислокации разведываемого объекта и радиохимического анализа отобранных проб в стационарных или передвижных лабораториях практически не отличается от обычной радиометрической и спектрометрической аппаратуры,

широко применяемой при радиохимическом анализе проб окружающей среды.

По своему назначению аппаратура дистанционной РДР делится на дозиметры, радиометры, рентгенометры, спектрометры.

Дозиметры предназначены для определения суммарных доз радиоактивности. Принцип их работы основан на интегрировании элементарных зарядов, создаваемых в объеме детектора при воздействии γ -квантов или нейтронов, с помощью аналоговых или дискретных измерителей (счетчиков). При этом по величине суммарного заряда (эффекта), накопленного за определенный промежуток времени, можно судить о величине дозы, энергии излучения и т.д., а по величине тока или электрического заряда - о соответствующем значении мощности дозы, интенсивности и др. величинах.

Дозиметры в зависимости от типа детектора бывают ионизационные, фотографические, химические, термolumинесцентные, радиофотолюминесцентные, полупроводниковые и др.

Радиометры предназначены для измерения радиации. Основными элементами любого радиометра являются дискретный детектор, параметры выходных сигналов которого функционально связаны с числом действующих на него частиц или квантов, и измерительное устройство нормирующего типа, определяющее количество электрических сигналов, возникающих в единицу времени.

Рентгенометры предназначены для обнаружения радиоактивного заражения местности и последующей радиационной разведки районов, маршрутов и рубежей выдвижения войск. Кроме того, они используются для оценки степени радиоактивного заражения боевой техники, оборудования, обмундирования, кожных покровов, пищи, воды и для контрольных замеров при проведении дезактивации.

Спектрометры применяются при определении изотопного состава излучателей. Наибольшее распространение получили спектрометры с линейным преобразователем γ -квантов или нейтронов в амплитудные изменения сигнала. Спектрометр состоит из дискретного пропорционального детектора и амплитудного анализатора, в состав которого входят устройство, сортирующие сигналы с выхода детектора по каналам в зависимости от значения их амплитуд, измеряющее число сигналов в каждом канале и представляющее данные о полученном амплитудном распределении.

1.3.5.2. Химическая разведка (ХР)

Под ХР понимается добывание информации путем контактного или дистанционного анализа изменений химического состава окружающей среды под воздействием выбросов и отходов производства, работы двигателей, в

результате взрывов и выстрелов, преднамеренного рассеивания химических веществ, испытаний и применений химического оружия.

ХР решает следующие основные задачи:

- обнаружение и анализ химического состава окружающей среды с целью определения дислокаций предприятий по производству химической продукции военного назначения;
- измерение концентрации химических веществ в воздухе с целью определения профиля производства, проводимых научных исследований и испытаний, а также характеристик В, ВТ и их элементов (топлива, взрывчатых веществ и т.д.).

ХР ведется с помощью аппаратуры, использующей как методы дистанционного анализа, так и анализа проб.

К аппаратуре дистанционной ХР относятся: лидары, радиометры, ИК-спектрометры.

Аппаратура контактного анализа включает приборы: газоанализаторы, газосигнализаторы и пробоотборные устройства.

Аппаратура дистанционной ХР использует принципы активной или пассивной оптической локации. Примером аппаратуры, использующей принципы активной локации, является лидар. Обнаружение химических веществ в атмосфере осуществляется путем зондирования атмосферы импульсами лазерного излучения и регистрации эффектов взаимодействия лазерного излучения с веществом.

Радиометры используют принцип пассивной оптической локации. Они обнаруживают вещества по их характерному собственному тепловому излучению.

ИК-спектрометры также обнаруживают вещества путем анализа спектрального состава собственного излучения вещества, либо переотраженного веществом излучения естественного источника (Солнца).

Применение приборов локального действия и устройств пробоотбора позволяет определить химический состав веществ непосредственно в районе разведки или в лаборатории после отбора пробы и ее доставки к месту обработки.

Аппаратура ХР может устанавливаться на космических аппаратах (КА), ракетах, самолетах, вертолетах, кораблях, автомобилях, а также использоваться в портативном варианте.

На КА устанавливаются радиометры и ИК-спектрометры. Добываемые данные (спектр излучения) либо регистрируются на фотопленку с последующей доставкой в капсулах на Землю, либо передаются по радиоканалу.

Воздушная ХР ведется с применением пробоотборных средств в пограничных районах. В качестве носителей до 20 км используются самолеты и вертолеты; на высотах 20-50 км - воздухоплавательные средства, на высотах более 50 км - ракеты.

Для ведения разведки используются фильтровально-воздушные установки, производительность которых достигает $(2+5) \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{ч}$ при времени непрерывной работы (3–5) часов.

Аппаратура наземной и морской ХР включает приборы локального и дистанционного действия. В приборах локального действия обнаружение веществ осуществляется путем отбора пробы анализируемой среды с последующим анализом физическим, химическим или биохимическим методами непосредственно на месте взятия пробы. Типичным примером аппаратуры данного вида является ИК гидроанализаторы, позволяющие осуществлять непрерывный автоматический анализ воздуха с порогом чувствительности $10^{-5} + 10^{-6} \text{ мг/л}$.

Разведка с применением аппаратуры в портативном варианте ведется путем отбора пробы с последующим проведением их анализа в лабораторных условиях.

Для обнаружения и распознавания химических веществ в пробах водной среды, почвы и растительности применяются атомно-абсорбционные спектрофотометры. Американские фирмы выпускают несколько типов приборов (модели 103, 107, 300, 306, 403, 503). С помощью таких приборов могут быть обнаружены и определены до 70 различных химических элементов и их соединений.

При работе атомно-абсорбционного спектрофотометра в режиме автоматического анализа он позволяет обрабатывать до 60 проб в течение одного часа.

Для обнаружения и распознавания химических веществ в воздушной среде применяются хромотографические анализаторы, мембранные разделительные детекторы, масс-спектрометры, биолюминесцентные приборы и др.

Чувствительность хромотографического анализатора и мембранные разделительного детектора составляет 10^{-12} , биолюминесцентного прибора - 10^{-15} .

Атомно-абсорбционные спектрофотометры имеют чувствительность порядка $5 \cdot 10^{-11}$.

1.3.6. Сейсмическая и магнитометрическая разведка

1.3.6.1. Сейсмическая разведка (СР)

Под СР понимается добывание информации путем обнаружения и анализа деформационных и сдвиговых полей в земной поверхности, возникающих под воздействием различных взрывов.

Основное направление СР - разведка подземных ядерных взрывов и определение их параметров.

СР решает следующие задачи:

- определение координат эпицентра взрыва;
- определение мощности взрыва;
- определение времени взрыва;
- определение количества взрывов в групповом взрыве.

Для получения сейсмограмм, характеризующих с необходимой подробностью исследуемое волновое поле, применяют технические средства и методические приемы, образующие в совокупности обобщенный сейсморегистрирующий канал. В более узком смысле под сейсморегистрирующим каналом понимают только прием, усиление и регистрацию колебаний точек излучаемой среды. В этом случае целью регистрации является получение записи колебаний на некотором носителе. В сейсморегистрирующем канале колебания могут подвергаться некоторым искажением, вводимым для лучшего обнаружения полезных колебаний.

Сейсморегистрирующий канал представляет собой совокупность последовательно соединенных аппаратов, осуществляющих прием механических колебаний почвы, их преобразование в электрические колебания, усиление, преобразование и запись на носитель.

В зависимости от применяемого носителя различают сейсморегистрирующие каналы с воспроизводимой (промежуточной) и с невоспроизводимой регистрацией. Применение воспроизводимой записи позволяет восстанавливать записанные колебания и подвергать их последующей обработке в специальных установках или ЭВМ.

В качестве носителя информации используют светочувствительную бумагу и пленки, магнитную ленту, электрохимическую бумагу и т.д.

Примером воспроизводимой регистрации является, например, запись на магнитной ленте.

Невоспроизводимая регистрация исключает возможность применения аппаратурных средств выделения полезных сигналов при обработке. Поэтому сейсморегистрирующий канал должен содержать устройства, позволяющие выделить полезные колебания при регистрации. Канал состоит из сейсмоприемника, усилителя, фильтров и регистрирующего устройства. Сейсмоприемник устанавливают на поверхности почвы или внутри среды и возникающие в нем электрические колебания передают по кабелю в сейсморазведочную станцию, где установлена регистрирующая аппаратура.

В качестве регистрирующего устройства чаще всего используется зеркальный гальванометр; в этом случае носитель записи – светочувствительная бумага или пленка. Иногда в качестве регистратора применяют «электрическое перо», записывающее колебания на электротермическую или электрохимическую бумагу. В некоторых случаях в качестве регистрирующего устройства используют ЭЛТ.

1.3.6.2. Магнитометрическая разведка (ММР)

Под ММР понимается добывание информации путем обнаружения и анализа локальных изменений магнитного поля Земли под воздействием объектов разведки с большой магнитной массой.

ММР решает следующие основные задачи:

- обнаружение и определение объектов находящихся в водной среде;
- пределение «магнитных портретов» объектов и проведение их классификации.

Для решения указанных задач аппаратура ММР устанавливается на подводных стационарных средствах, кораблях, самолетах и вертолетах, а также на поверхности Земли.

Основной силовой характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции (B). Единицей магнитной индукции в системе СГС является гаусс (Gc), в системе СИ - тесла (T); $1 Gc = 10^4 T$.

Магнитометры различных типов измеряют либо вектор магнитной индукции, либо его составляющие.

Напряженность магнитного поля рассматривается в физике как вспомогательный вектор, но в ММР именно напряженность считается основной характеристикой магнитного поля.

С учетом того, что в системе СГС единица напряженности магнитного поля (эрстед) и единица магнитной индукции (гаусс) численно совпадают и имеют одинаковую размерность, переход от напряженности магнитного поля в системе СГС к единицам магнитной индукции в СИ осуществляется просто: напряженности поля 1 гамма соответствует индукция $1 nT = 10^{-9} T$.

При ведении разведки чаще всего измеряют любой полный вектор магнитного поля либо одну, чаще всего вертикальную, составляющую аномального поля (Z_a).

Зная Z_a , можно рассчитать горизонтальную составляющую аномального поля (H_a).

\bar{H}_a является векторной разностью наблюдаемого H и нормального H_0 поля. Следовательно, для ее вычисления нужно определить первый вектор и знать второй.

В последние годы в практику разведки внедряются магнитометры для измерения полного вектора магнитного поля, а по результатам этих измерений вычисляют $\Delta T = T - T_0$, т.е. приращение модуля полного вектора. Эти приборы по сравнению с z -магнитометрами имеют меньшие погрешности измерений.

1.3.7. Компьютерная разведка

Компьютерная разведка – это деятельность, направленная на получение информации из электронных баз данных ЭВМ, включенных в компьютерные сети открытого типа, а также информации об особенностях их построения и функционирования.

Целью компьютерной разведки является добывание сведений о предмете, конечных результатах, формах и способах деятельности субъектов, являющихся пользователями информационно-вычислительной сети, и используемом аппара-

турном и программном обеспечении, протоколах управления и информационного взаимодействия и используемых средствах и методах защиты информации.

Компьютерная разведка - новейший вид технической разведки. Ее появление связано с развитием в современной военной науке концепции информационной войны. Например, в США выпущены два полевых устава FM-100-5 и FM-100-6, излагающие основы информационной войны и информационной операции. Цель информационной войны - обеспечение своему государству информационного господства, которое в наш век - век информации представляется необходимым условием того, чтобы военно-экономический потенциал государства смог привести к реальной победе.

Важнейшая роль в достижении информационного господства отводится виртуальной разведке - разведке, ведущейся в информационных потоках, которые в гигантских количествах производятся всеми государственными и частными организациями, а также отдельными индивидуумами. Она включает в себя три основных направления: разведку в информационно-вычислительных компьютерных сетях, разведку в бумажных и электронных средствах массовой информации, разведку в непериодических изданиях, в том числе, в открытых и т.н. «серых» (т.е. не имеющих грифа секретности, но не предназначенных для массового распространения - отчетах о НИР, аналитических справках, деловой переписке, диссертациях и т.п.).

Виртуальная разведка представляет собой целый комплекс взаимосвязанных действий оперативного и технического характера. Важнейшей технической компонентой виртуальной разведки является компьютерная разведка (рис. 9) - целенаправленная деятельность по добыванию с помощью средств вычислительной техники и программного обеспечения разведывательной информации, обрабатываемой в информационно-вычислительных сетях и/или отдельных средствах вычислительной техники.

Компьютерную разведку разделяют на добывающую и обрабатывающую. В полевом уставе США FM 100-6 приводится иерархия ситуационной осведомленности (рис. 10), представляющая собой пирамиду, в основании которой лежат данные. На втором уровне находится информация, получаемая путем обработки данных. Изучение информации приводит к формированию знаний (следующий уровень осведомленности), а знания посредством суждения способствуют пониманию (верхний уровень). Задача добывающей разведки состоит в получении данных, а обрабатывающей - в преобразовании данных в информацию и приведение ее в форму, удобную для пользователя.

Добывающая разведка бывает предварительной и непосредственной. Задача предварительной разведки - получение сведений о самой автоматизированной системе обработки данных (АСОД) противника. Цель предварительной разведки - подобрать данные, необходимые для последующего проникновения в АСОД противника.

Действия и методы, использующие
средства вычислительной техники,
но не относящиеся
к компьютерной разведке

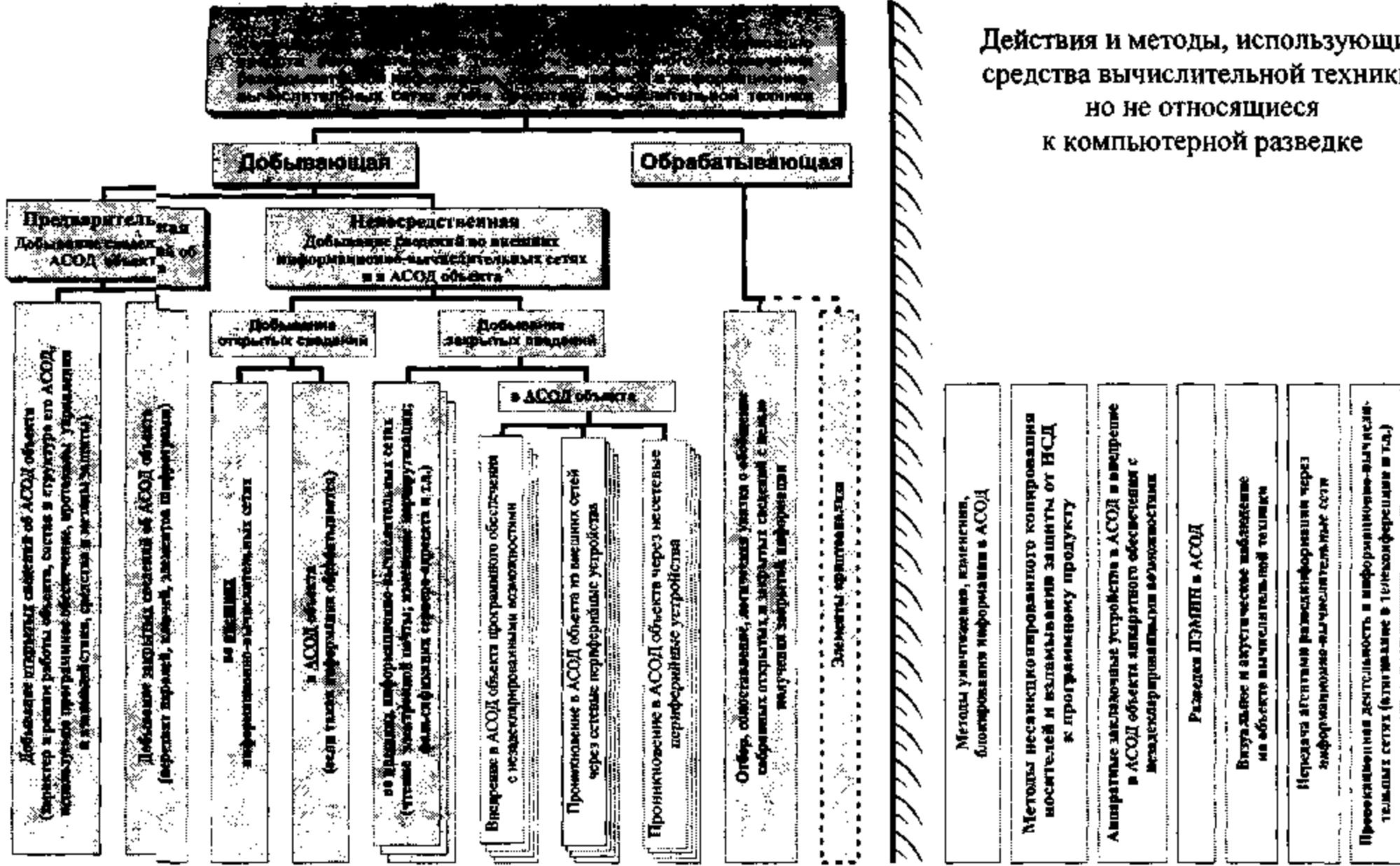


Рис.9. Компьютерная разведка.



Рис. 10. Иерархия ситуационной осведомленности
и роль разведки в ее достижении

Цели предварительной разведки достигаются путем добывания открытых и закрытых сведений. К открытым сведениям можно отнести данные о характере и режиме работы АСОД объекта разведки; квалификации его персонала; составе и структуре самой АСОД, используемом программном обеспечении; протоколах управления и взаимодействия; средствах и методах защиты информации, используемых в АСОД. Для получения этих сведений нет необходимости прибегать к приемам оперативной работы (подкупу персонала, краже документации и т.п.). Эти сведения, как правило, не являются закрытыми и могут быть получены при перехвате сетевого трафика интересующей АСОД либо при попытке установить сетевое соединение непосредственно с самой АСОД, когда по характеру получаемого отклика можно сделать соответствующие выводы.

Установление первичного контакта с АСОД противника, как правило, еще не дает доступа к интересующей информации. Для этого необходимо получить дополнительные сведения закрытого характера. К таким сведениям относятся пароли, коды доступа, информация о принятых в АСОД правилах разграничения доступа, сетевые адреса вычислительных средств противника. Для получения подобных сведений существуют разнообразные программные средства. К ним относятся, например, программы-демоны, перехватывающие все команды, вводимые в АСОД. Другим средством являются снiffeры - программы,читывающие первые 128 бит каждого файла, в которых нередко помещается служебная информация о самом файле и об АСОД^[38]. Существуют также специальные программы подбора паролей. Успеху подобных программ способствуют многочисленные ошибки в современном программном обеспечении, что, по-видимому, объясняется его сложностью и относи-

тельной новизной. Помимо ключей, интерес представляет перехват кусков зашифрованного текста с заранее известным содержанием. Это позволяет выделить из шифrogramмы секретный ключ, который используется для дальнейшего криптоанализа всего текста. Сведения, собранные об АСОД противника подобным образом, открывают путь к добыванию информации, интересующей заказчика, т.е. к ведению непосредственной разведки.

На стадии непосредственной разведки, как и на всех остальных, добываются не только закрытые, но также «серые» и открытые сведения. Роль открытых сведений в достижении общей ситуационной осведомленности о противнике достаточно велика.

Важнейшим достоинством перехвата открытых сведений при ведении компьютерной разведки является то, что эти сведения могут быть получены без нарушения принятых в АСОД правил разграничения доступа к информации. Сбором и анализом открытых сведений в сетях официально занимается множество организаций, которые за определенную плату выполняют заказы на поиск той или иной информации. Любой пользователь сети Интернет может самостоятельно вести поиск и анализ требуемой информации с помощью известных поисковых серверов, таких как AltaVista, Rambler и др. При необходимости получить сведения закрытого характера организуется непосредственная атака на объект с использованием данных предварительной разведки.

Добывание закрытых сведений всегда связано с несанкционированным доступом к информации противника и имеет своим следствием утечку информации. Получение закрытых сведений осуществляется как в самой АСОД объекта, так и в информационно-вычислительных сетях, внешних по отношению к АСОД.

Во внешних сетях перехватываются те сообщения, которые объект разведки пересыпает внешним адресатам, либо, в случае виртуальной сети, те сообщения, которые циркулируют между отдельными сегментами АСОД. Можно выделить следующие способы перехвата закрытых сведений во внешних сетях:

- изменение маршрутизации при пересылке сообщений, что позволяет отправлять информацию через «свой» сервер, на котором производится перехват и запись данных;
- чтение электронной почты, которая как правило является легкой добычей и на сервере отправителя, и на сервере получателя^[39];
- фальсификация сервера-адресата, что в случае успеха позволяет выманить у отправителя ту или иную закрытую информацию.

Программное проникновение в АСОД объекта с целью ведения разведки может осуществляться несколькими способами. Отдельную группу таких способов составляет проникновение через несетевые периферийные устройства (клавиатуру, дисководы и т.п.). Набор методов проникновения

достаточно широк и определяется квалификацией взломщика и степенью совершенства установленных на объекте систем защиты от несанкционированного доступа. Считается, что абсолютно надежных систем защиты на сегодняшний день не существует. Например, известны приемы нарушения нормальной работы криптографических микросхем в системах разграничения доступа, начиная от нагревания и облучения и кончая применением моделей стимуляции направленных ошибок, которые позволяют получить секретные ключи, хранящиеся в памяти этих микросхем. Принципиальное отличие проникновения через несетевые периферийные устройства от остальных методов заключается в том, что для его выполнения необходимо физическое присутствие злоумышленника на объекте вычислительной техники. Это позволяет защищающейся стороне применить хорошо отлаженный механизм организационно-технических мер защиты. Вокруг объекта создается контролируемая территория, на которой не допускается присутствие посторонних людей; к работам в АСОД допускается ограниченный круг лиц; ведется тщательный учет и анализ всех производимых в АСОД работ; учитываются используемые носители информации и т.п.

Наиболее многочисленная и динамично развивающаяся группа способов программного проникновения в АСОД противника - это проникновение из внешних сетей. Можно выделить два основных пути такого проникновения: проникновение с использованием паролей и идентификаторов, найденных в результате предварительной разведки, а также поиск ошибок (т.н. «люков», «черных ходов», «лазеек») в программном обеспечении, используемом в АСОД. Большое количество «люков» объясняется, прежде всего, ошибками и непредусмотрительностью авторов программного обеспечения. В редких случаях авторы устанавливают «люки» для облегчения процесса отладки программы, а потом забывают их ликвидировать.

Случаются ситуации, когда «люки» оставляются автором программного обеспечения преднамеренно, чтобы создать себе привилегии при дальнейшей эксплуатации программы, а многочисленные хакеры находят эти «люки» и используют их в своих целях, в том числе, для добывания сведений из системы пользователя. В этом случае речь идет о внедрении в АСОД программного обеспечения с незадекларированными возможностями. Вариантов такого внедрения множество. Некоторые фирмы-производители лицензионного программного обеспечения распространяют свою продукцию, не предупреждая, что она может выполнять какие-либо особые функции. Как правило, это связано с охраной авторского права фирмы-изготовителя и защитой от пиратского использования, однако нет гарантий, что подобные необъявленные функции не используются для съема информации. Программная продукция с незадекларированными возможностями может попадать в АСОД объекта и по сетевым каналам. Наиболее распространенным является использование электронных досок объявлений (BBS) и частных серверов, предлагаю-

щих бесплатные версии игр или полезных программных продуктов (например, архиваторы PKZ300B.ZIP, PKZ300.EXE). Многие из таких продуктов, называемых троянскими конями, содержат необъявленные функции. Возможны варианты, когда, сама программа является вполне безобидной, но внедряет в АСОД другую самостоятельную программу, выполняющую, среди прочих, и разведывательные функции. Такая внедренная программа (например, та же программа-демон) называется программной закладкой.

Однако недостаточно лишь добраться до винчестера противника и «скачать» с него несколько гигабайт данных. Необходимо восстановить удаленные файлы противника, тщательно разобраться в полученном объеме сведений. Эту функцию выполняет обрабатывающая разведка. Специальные программы позволяют определить тип фрагмента когда-то удаленного файла (текстовый, графический, исполняемый и т.п.) и восстановить содержащуюся в нем информацию; сопоставить и логически увязать имеющиеся файлы; устраниить дублирование информации; отобрать по ключевым словам и ассоциированным понятиям только ту информацию, которая в данный момент необходима заказчику. Обработке подвергаются данные, полученные как в отдельном средстве вычислительной техники, так и в информационно-вычислительных сетях, при этом сеть представляет дополнительные возможности по обработке. Посредством анализа трафика можно контролировать гигантские потоки сведений, производить отбор, накопление и обработку не всех данных подряд, а только тех, которые представляют интерес для конечного потребителя. Для ведения экспресс-анализа в сети созданы специальные программы, т.н. ноуботы - «программные продукты, перемещающиеся от компьютера к компьютеру с возможностью размножения, которые отслеживают состояние дел и передают сводную информацию по каналам обмена данными»^[38]. С помощью средств компьютерной разведки можно не только анализировать конкретные данные, циркулирующие во всей сети, безотносительно к их источнику, но и отслеживать деятельность конкретных организаций и отдельных лиц.

Особо следует подчеркнуть, что обработке подвергаются не только закрытые, но и открытые сведения. Соответствующий анализ открытых источников позволяет синтезировать информацию закрытого характера. По оценке специалистов изучение 10000 открытых документов позволяет при некоторых условиях получить 1 документ высшей степени секретности^[40].

В связи с высокой степенью угрозы безопасности информации, обрабатываемой в информационно-вычислительных сетях, все большее количество пользователей сети применяют для защиты своей информации шифрование. По этой причине одной из задач обрабатывающей компьютерной разведки является проведение элементов криптоанализа. Криптоанализ - наука о раскрытии алгоритмов шифрования, подборе ключей и восстановлении информации из зашифрованного сообщения. Поскольку в криптоанализе широ-

ко используются компьютерные методы обработки информации, то отчасти его можно отнести к обрабатывающей технической разведке. Например, несложные шифры могут быть взломаны компьютером автоматически, без участия человека. К качественному скачку в криптоанализе приводят современные информационные технологии. Так, если подбор ключа на отдельном компьютере может занять много лет, то применение специальной программы, перемещающейся по сети и негласно использующей свободные вычислительные ресурсы простаивающих в данный момент ЭВМ, позволяет задействовать параллельно десятки тысяч компьютеров и сократить время подбора ключа до считанных недель. В то же время, криптоанализ может быть отнесен к компьютерной разведке лишь условно, поскольку в криптоанализе, как и в целом в криптологии, человеческий фактор является принципиально важной составляющей. При взломе сколько-нибудь серьезных шифров решающую роль играет подготовка, интуиция и опыт криптоаналитика.

В связи с тем что изучение вопросов защиты информации в средствах вычислительной техники началось сравнительно недавно, встречаются различные точки зрения на компьютерную разведку и ее место среди угроз безопасности информации.

Как известно, все угрозы безопасности информации можно разделить на 4 типа: уничтожение, изменение, хищение, блокирование. Компьютерная разведка, как и любая другая разведка, занимается только хищением информации. Активное воздействие на информацию не предполагается (за исключением случаев, когда в целях маскировки несанкционированного доступа модифицируется некоторая служебная, второстепенная с точки зрения добычи информации, информация в операционной системе и средствах защиты АСОД противника). По этой причине к компьютерной разведке нельзя относить все средства активного воздействия на информационные системы противника - почтовые и логические бомбы, электронные черви, SYN-наводнения, атаки типа «салами», большинство вирусов, махинации с банковскими счетами и другие средства и методы из арсенала криминальных хакеров. Не следует считать компьютерной разведкой и способы несанкционированного копирования лицензионных программных продуктов и взламывания их защиты, если целью этих действий является не получение информации, а нарушение авторского права и незаконный доступ к услугам.

Нередко к компьютерной разведке ошибочно относят визуальное и акустическое наблюдение в АСОД объекта; применение аппаратных закладочных устройств в средствах вычислительной техники; внедрение аппаратного обеспечения с незадекларированными возможностями (например, центральных процессоров с функциями съема информации, заложенными в них еще на стадии изготовления); разведку паразитных электромагнитных излучений и наводок в средствах вычислительной техники. Действительно, всё это средства из арсенала технических разведок. Но это другие виды разведки,

в отношении которых разработаны свои способы оценки эффективности и организации технической защиты. В этих случаях, с точки зрения защиты, средства вычислительной техники ничем не отличаются от телефона, телевизора, радиовещательного приемника. Защита информации от перечисленных видов разведки в АСОД производится точно так же, как и в других средствах, с которых возможен технический съем информации.

Нельзя относить к компьютерной разведке некоторые специфические приемы использования вычислительной техники. Известно, например, что в информационно-вычислительных сетях общего пользования можно встретиться с приемом, известным как втягивание в телеконференции, когда ставится задача чем-либо заинтересовать человека – носителя важной информации, вовлечь его в общение и попытаться «раскрутить» на разглашение определенных сведений. Этот прием вообще не относится к технической разведке, поскольку в его основу положены методы оперативной работы с людьми. Также не является компьютерной разведкой передача агентами разведки информации через информационно-вычислительные сети, т.к. сеть в данном случае выступает не более, чем как канал связи, аналогичный каналам телефонной, почтовой или радиосвязи.

1.4. Характеристика видов технической разведки

1.4.1. Космическая разведка (КР)

КР является одним из основных видов ТР, который обеспечивает реализацию таких принципов ведения разведки, как глобальность, оперативность и непрерывность.

С помощью КР решаются следующие основные задачи:

- выявление военных и военно-промышленных объектов и определение их координат;
- выявление начала строительства военных, военно-промышленных объектов и периодическое наблюдение за ходом строительства в целях определения его назначения и сроков завершения;
- определение профиля работы оборонных предприятий, их мощности и вида выпускаемой ими продукции;
- осуществления контроля за выполнением принятых обязательств по договорам и соглашениям;
- периодическое наблюдение за коммуникациями в целях вскрытия крупных перевозок военной техники и грузов;
- съемка территорий с целью картографирования местности;
- обнаружение пусков межконтинентальных баллистических ракет (МБР) ядерных подводных лодок;
- добывание данных о местонахождении, режиме работы и параметрах РЭС;
- перехват телеметрической информации и сигналов средств связи.

В настоящее время более десятка стран располагают или планируют располагать системами и средствами для запуска объектов различного назначения в космос. Первыми странами, начавшими освоение космоса являлись СССР и США. В настоящее время они имеют совершенные системы и средства, предназначенные для ведения разведки из космоса. При ведении КР разведслужбы США используют космические аппараты (КА) оптико-электронной разведки «Кихоул» (Keyhole), РР и РТР «Феррет», «Джампсит», «ССУ», «Аквакейд», «Вортекс», видовой РЛР «Лакросс» [4, 9–16].

Для обнаружения пусков МБР, БР с подводных лодок и ракет-носителей КА используется ИСЗ «Имеюз» (IMEWS - Integrated Missile Early Warning Satellites) [17-18].

Для получения данных о работах по ядерной тематике, проводимых на земле, в атмосфере и космическом пространстве используется космическая система разведки ядерных взрывов «Иондс» на базе КА типа «Навстар-2» [19].

Ниже приведены некоторые ориентировочные сведения по космическим средствам разведки, взятые из открытых источников.

Оптико-электронная разведка ведется одним-двумя ИСЗ «Кихоул». ИСЗ «Кихоул» предназначен для периодического наблюдения за состоянием важнейших объектов и за группами известных объектов, накопления сведений о них, отслеживания возможных изменений в состоянии, а также для ведения срочной разведки отдельных объектов в критических ситуациях.

Передача команд управления работой бортовой аппаратуры на ИСЗ, а также данных разведки в наземный центр управления, приема и обработки информации осуществляется через спутники-ретрансляторы СДС. При пролете разведывательных ИСЗ над всей территорией России обеспечивается непрерывная связь между разведывательными ИСЗ и ИСЗ ретрансляторами.

Для ИСЗ «Кихоул» средняя высота выбрана таким образом, чтобы обеспечить большой срок существования ИСЗ на орбите без проведения частых коррекций орбиты.

Прием и воспроизведение на фотопленке данных разведки, переданных по радиоканалу, производится приблизительно через 1.5–2 часа после съемки.

Технические характеристики ИСЗ оптико-электронной разведки приведена в табл. 3. [15, 16].

Радио- и радиотехническая разведка из космоса ведется с целью добычи данных о местоположении, режимах работы и параметров сигналов РЭС, для перехватов сигналов радиотелеметрической аппаратуры и средств связи.

Таблица 3

Параметры орбиты	Значения характеристик	
	ИСЗ «Кихоул»	ИСЗ-ретрансляторы СДС
Высота перигея, км	270	740
Высота апогея, км	1000	39600
Наклонение, град	97.5	63.5
Период обращения, мин	98.0	68.8

Основные ТТХ средств космической Р и РТР приведены в табл.4 [15,16].

Спутники РТР серии «Феррет» после отделения от носителя с помощью собственного двигателя переводятся на полярную квазикруговую орбиту.

Передача разведывательной информации с ИСЗ «Феррет» осуществляется по радиоканалу.

Таблица 4

Наименование характеристики	«Феррет» РТР	«ССУ» РР и РТР на океан. ТВД	«Джампсит» РР и РТР	«Аквакейд» РР и РТР	«Вортекс» РР и РТР
Высота перигея, км	700	круговая 1100	700	36000	36000
Высота апогея, км	800		39000	38000	38000
Наклонение, град	94-96.6	63,7	63	3 - 4	5- 7
Период обращения, мин	94,7 - 97,6	108	720 (12 ч)	24 ч.	24 ч.
Количество ИСЗ на орбите	2 - 3	2 - 3	1 - 3	4 и более	4 и более
Высота ведения разведки, км	700 - 800	1100	10000 - 39000	35000 - 38000	35000 - 38000
Продолжительность приема сигналов	до 7 мин.	до 15 мин.	8 час.	Кругло-суточно	Кругло-суточно
Частота обзора в сутки	4	8	2		
Точность определения координат, км	10 - 20	20-40	50-100	50-100	50-100
Диапазон разведуемых частот, МГц	30 - 40000	30 - 40000	30 - 40000	30 - 40000	30 - 40000
Чувствительность приемника, дБ/Вт*Гц ⁻¹	-195	-195	-195	-198	-198
Средний коэффициент усиления антенны, дБ	3 - 4	3 - 4	12 в метр 45 в сант. диапазон	15 в метр 65 в сант. диапазон	15 в метр 65 в сант. диапазон

РР и РТР с ИСЗ «ССУ» ведется в целях слежения за надводными кораблями (НК) и подводными лодками (ПЛ) в мировом океане. Запускается 3 ИСЗ «ССУ», которые при выходе на орбиту разносятся на небольшие расстояния друг от друга (40–30 км по глубине и 3 - 45 км по фронту), образуя пеленгаторную базу.

Спутники «Джампсит» предназначены для ведения РР и РТР. Они запускаются на вытянутые эллиптические орбиты с апогеем 39000 км и перигеем 700 км. Время ведения разведки на одном витке составляет 8 часов. Система из 2-3 ИСЗ позволяет обеспечить круглосуточное наблюдение за излучениями РЭС.

Для ведения РР и РТР используются квазигеостационарные ИСЗ «Аквакейд» и «Вортекс», которые обеспечивают перехват сигналов радиотехнических средств, радиорелейных, тропосферных и некоторых УКВ каналов связи гражданского и военного назначения, телеметрической информации, а также получение координатно-временных данных об источниках радиоизлучений [15].

Частотный диапазон разведки от 30 до 40 000 МГц. Выбор района разведки осуществляется за счет управляемого дрейфа ИСЗ на орбите и поиск сигналов РЭС по направлению путем разворота ИСЗ и электронного сканирования ДНА.

Для ведения видовой РЛР из космоса используются КА типа «Лакросс», на которых устанавливаются однопозиционные многолучевые РЛС с синтезированной апертурой в сантиметровом диапазоне и однопозиционные однолучевые РЛС бокового обзора с синтезированной апертурой в дециметровом диапазоне [15, 16].

Основные данные по КА «Лакросс» и его аппаратуре приведены в табл. 5.

Таблица 5

Наименование характеристики		Значения характеристик
Тип орбиты		квазикруговая
Высота перигея, км		600
Высота апогея, км		700
Наклон орбиты, град		57
Период обращения, мин		98,5
Количество ИСЗ на орбите		2 и более
Рабочая длина волны		3,5 ; 5,2 и 23,2 см
Линейное разрешение, м	Обзорный режим	3-15 м
	Детальный ре- жим	1,0 м

Обнаружение пусков стратегических ракет осуществляется с помощью космической системы «Имеюз».

Основные ТТХ космической системы раннего обнаружения пусков стратегических ракет приведены в табл. 6 [17, 18].

Главная задача системы - предупреждение о ракетном нападении.

В мирное время эта система широко используется для разведки испытательных пусков ракетного оружия России.

В состав системы входят: постоянно действующие ИСЗ «Имеюз» на геостационарной орбите, главный центр обработки и управления (ЦОУ) системы, 2 наземных комплекса с ЦОУ и постами приема информации.

Передача разведывательной информации осуществляется по радиоканалу через ИСЗ связи «ДСЦС-2» и «Интелсат».

Для ведения оптико-радиационной разведки используется космическая система «Навстар-2» с аппаратурой разведки «Иондс». Аппаратура «Иондс» обеспечивает получение данных об энергетических и пространственно-временных характеристиках всех видов излучений, сопутствующих ядерным процессам, в инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом, рентгеновском и радиодиапазонах длин волн [19].

Орбитальная группировка космической системы состоит из 24 КА «Навстар-2». Высота круговой орбиты составляет 20200 км. Наклонение плоскости орбиты 55°. Максимальная возможная продолжительность непрерывного наблюдения за объектом - 24 часа. Минимальная обнаруживаемая мощность ядерного взрыва равна 50кТ. Среднеквадратическое отклонение определения центра ядерного взрыва составляет 1,5 - 2 км. Данные разведки передаются в центр сбора и обработки данных по радиоканалу в реальном масштабе времени.

Учеб.

Таблица 6

Наименование характеристик	Значения характеристик
Высота орбиты ИСЗ «Имеюз», км	36000 (стационарная)
Зона возможного обнаружение пусков ракет одним ИСЗ по широте и долготе от подспутниковой точки, град	±90°
Точность определения координат ракет, км	2.5 - 3
Время и способ доставки информации	По радиоканалу в масштабе времени, близком к реальному
Тип разведывательной аппаратуры	Оптико-электронная
Скорость вращения ИСЗ, об/мин	6
Длина волны максимальной чувствительности, мкм	2.7
Предельная разрешающая способность ИК телескопа	порядка 1 км
Диапазон частот радиопередатчиков, МГц	2100-2900

Возможности ведения разведки из космоса существенно расширяются в связи с реализацией программы создания и эксплуатации пилотируемых космических аппаратов многоразового использования типа «Шаттл». В ближайшем будущем планируется выводить с их помощью на орбиты разведывательные ИСЗ [20].

Аппаратура КА «Шаттл» предназначена для получения изображений космических, воздушных, морских и наземных объектов в радио, инфракрасном и видимом диапазонах электромагнитных волн, а также для ведения визуально-оптической разведки различных объектов и химической разведки в приземном слое атмосферы. Данные разведки передаются по радиоканалу через спутники-ретрансляторы. Тип орбиты - эллиптический (апогей 300-650 км, перигей 200-450 км). Наклон плоскости орбиты 57°.

В перспективе предполагается использование телевизионной аппаратуры разведки совместно с радиолокационной и инфракрасной на спутниках космической системы разведки объектов на морских ТВД. Основное назначение этой системы - наблюдение за перемещением надводных кораблей в мировом океане и обнаружение ПЛ в погруженном состоянии.

Разведывательная информация должна передаваться потребителям в масштабе времени, близком к реальному. Периодичность разведки интересуемых районов составляет 7-8 часов.

По предварительным данным, телевизионная аппаратура, устанавливаемая на ИСЗ морской разведки, должна обеспечивать работу в спектральном диапазоне 0.5 - 1.1 мкм, полосу захвата 200 км и разрешение на местности 10 - 15 м при освещенности 20000 лк. На спутниках этой системы предполагается также установка телевизионных камер ночного видения, обеспечивающих ведение разведки при уровне освещенности 10^{-3} - 10^{-5} лк.

В США ведутся работы по дальнейшему развитию и совершенствованию фотографических средств космической разведки. Особенностью этих средств является возможность передачи разведывательной информации по радиоканалу и получение ее потребителем в масштабе времени, близком к реальному.

Разведывательные ИСЗ с аппаратурой фоторазведки предполагается выводить на полярные орбиты обеспечивающие просмотр полосы шириной 20 - 50 км с разрешением на местности 0.8 – 1.0 м.

Использование для ретрансляции лазерных средств связи обеспечит высокую скорость передачи информации и высокую помехозащищенность.

1.4.2. Воздушная разведка (ВР)

Воздушная разведка ведется стратегическими (U-2, SR-71, RC-135) и тактическими (RF-4C, 4F, «Ягуар», GR-1) самолетами-разведчиками ВВС, а также патрульными самолетами базовой разведывательной авиации ВМС

(«Орион» Р-ЗС, «Нимрод» МР-1, «Атлантик»), которые совершают полеты вблизи государственных границ России и над нейтральными водами [21-22].

ВР может также осуществляться беспилотными самолетами-разведчиками и отдельными самолетами авиакомпаний США, Великобритании, Франции, ФРГ, Японии и др. при их пролете по установленным трассам над территорией России.

Разведывательные полеты совершаются как со специально оборудованных аэродромов, расположенных на территории США, так и с авиационных баз в Великобритании, на о. Кипр, в Японии и Южной Корее.

Таблица 7

Характеристики	Самолеты стратегической разведки		Самолеты тактической разведки		Базовые разведывательные самолеты		
	RC-135	U-2	RF-4С	"Ягуар" GR-I	"Орион"	"Нимрод"	"Атлантик"
Дальность полета, км	10000	7500	4300	3100	9400	8000	7000
Потолок, м	15000	24000	18500	14200	12000	12600	9150
Высота ведения разведки, м	10000	22000	300—8000	300—8000	до 60	до 50	6000
Скорость макс., км/ч	1000	900	2240	1600	750	890	625
Скорость при ведении разведки, км/ч	700—800	850	650—900	700—950	350—600	300	350—450
Продолжительность полета в районе разведки	2-9	6-9			3-7	6-7	6-7
Состав аппаратуры	P, РТР, ФР, ИКР	P, РТР, ФР, ИКР	РТР, ФР, РЛР, ИКР, ТВР, ЛР	РТР, ФР, РЛР, ИКР	P, РТР, ФР, РЛР, ТВР, ММР, ГАР, ХР, ИКР	P, РТР, ФР, РЛР, ТВР, ММР, ГАР, ХР	P, РТР, РЛР, ТВР, ММР, ГАР, ХР

Воздушная разведка решает задачи:

- выявление группировок, дислокации и состояния боевой готовности войск и сил флота;
- наблюдение за проводимыми учениями вооруженных сил;
- вскрытие местонахождения, назначения и технических характеристик РЛС, РЭС систем управления и связи;
- слежение за испытаниями новых образов вооружения и военной техники;
- вскрытие систем ПВО и ПРО;
- ведение наблюдения за функционированием военно-промышленных объектов, выяснение характера и объема выпускаемой ими продукции.

Успешное решение задач ВР в целом (и особенно ночью) возможно при комплексном использовании разнообразных средств и способов. Исходя из этого самолеты-разведчики оснащаются, как правило, различными по принципу действия техническими средствами разведки.

ТТХ самолетов-разведчиков и их оснащение разведывательной аппаратурой приведены в табл. 7.

1.4.3. Морская разведка (МР)

МР ведется специальными разведывательными кораблями, кораблями слежения за воздушно-космическими объектами, боевыми надводными кораблями (НК) и подводными лодками (ПЛ), привлекаемыми к разведке вспомогательными кораблями и судами ВМС, стационарными позиционными и буксируемыми гидроакустическими и магнитометрическими средствами на океанских и морских ТВД, а также в прибрежной зоне при прохождении иностранных кораблей и судов вдоль границы территориальных вод [23-24].

МР решает следующие основные задачи:

- обнаружение пусков и сопровождение МБР, измерение координат и скорости, радиолокационных и оптических характеристик (сигнатур), перехват телеметрической информации;
- выявление тактики действия боевых кораблей при использовании ими оружия и техники, определение ТТХ оружия;
- выявление деятельности НК и ПЛ, военно-морских баз;
- выявление состава, ТТХ и мест установки активных стационарных гидроакустических средств (ГАС);
- разведка прибрежной зоны.

Специализированные разведывательные корабли предназначены для выявления тактики действия боевых кораблей при использовании ими оружия и техники, определения ТТХ оружия, а также деятельности ПЛ на маршрутах их развертывания. Эти корабли оснащены средствами РР, РТР, ГАР.

Корабли слежения за воздушно-космическими объектами ВМС США «Генерал Арнольд», «Генерал Ванденберг», «Обзервейшен Айленд» предназначены для ведения разведки испытываемых российских МБР при их пусках в район Камчатки и в акваторию Тихого океана. Они обеспечивают сопровождение элементов боевого порядка МБР, измерение координат и скорости, радиолокационных и оптических характеристик, а также перехват телеметрической информации.

Корабли оснащены радиолокационным комплексами для траекторных измерений и определения радиолокационных сигналов боевого порядка МБР. Аппаратура РР и РТР обеспечивает прием телеметрической информации и измерение угловых координат целей по сигналам бортовых РЭС.

Для точного определения координат боевого порядка МБР, а также для распознавания и определения некоторых оптических характеристик этих объектов используются оптические средства наблюдения с набором различных фильтров и фотокамер.

Для ведения ГАР в Атлантическом и Тихом океанах развернута стационарная гидроакустическая система «СОСУС», охватывающая основные стратегические районы плавания и пути выхода российских ПЛ в океан.

В состав системы «СОСУС» входят береговые акустические станции (БГАС) с вынесенными акустическими антennами пассивной системы «Цезарь» и активная система барьерного типа «Колосс-1», установленная в Гибралтарском проливе.

Система «Цезарь» работает в диапазоне 1 - 400 Гц и обеспечивает обнаружение, длительное слежение, классификацию, определение скорости и курса ПЛ и НК.

Среднестатистическая дальность обнаружения ПЛ лежит в пределах 700 - 1100 км, в наиболее благоприятных условиях - свыше 3000 км. При этом ошибка определении места триангуляционным методом составляет 25 - 100 км, а при расчетах дистанции по одному пеленгу - 40 - 150 км.

Для повышения эффективности обнаружения ПЛ в дополнение к системе «СОСУС» предусмотрено использование стационарной акустической системы «ФДС» и позиционной ГАС «РДСС».

Система «ФДС» предназначается для обнаружения прохода ПЛ через рубеж, созданный из линии гидрофонов, которые устанавливаются за пределами континентального шлейфов в районе Азорских островов.

Система «РДСС» предназначена для обнаружения ПЛ в районах не охваченных системой «СОСУС» или в районах ее низкой эффективности. В состав системы входят якорные радиогидроакустические буи (РГАБ), выставляемые с самолетов на срок от трех месяцев до одного года. Буи системы «РДСС» предполагается выставлять в виде барьеров на рубеже Гренландия - Исландия - Великобритания.

Кроме того, для ведения ГАР используется позиционно-маневренная система СЕРТАСС, которая состоит из 10 кораблей ГАР ВМС США и Японии. Каждый корабль оснащен гибкой протяженной буксируемой антенной длиной до 1800 м. В состав системы входят так же береговые центры обработки информации. Система позволяет обнаруживать ПЛ на расстояниях до 1000 км с вероятностью 0,5 и определять направление на объект разведки с ошибкой 2°.

К МР могут привлекаться также гражданские пассажирские, торговые, промысловые, научно исследовательские и другие суда, которые кроме указанных выше зон разведки могут посещать открытые для иностранных судов порты России.

1.4.4. Наземная разведка (НР)

НР ведется со стационарных и передвижных постов разведки с приграничных территорий при использовании средств РР и РТР, РЛР, ОР, ОЭР и СР.

На территории разведуемого государства НР ведется из зданий посольств, консульств и других представительств, а также при перемещении иностранных граждан по территории страны.

Для наблюдения за важнейшими объектами в случаях, когда доступность к ним затруднена, в районе их расположения может скрытно устанавливаться замаскированная или закамуфлированная под предметы местности автономная автоматическая аппаратура разведки в различных сочетаниях.

Информация с автономных средств разведки может передаваться по радиоканалу на разведывательные ИСЗ и самолеты на расстояние до 450 км, на наземные приемные пункты - до 10 км.

Основными задачами НР являются:

- выявление группировок, дислокации и боевой готовности войск, слежение за их деятельностью, боевой подготовкой и перевооружением;
- выявление строительства новых военных и военно-промышленных объектов и слежение за их деятельностью;
- наблюдение за испытаниями новых образцов вооружения и военной техники, определение их боевых возможностей;
- выявление РЭС систем оружия, управления и связи, определение их ТТХ;
- радиоперехват в линиях и сетях связи;
- вскрытие изменений в оперативном оборудовании ТВД.

Наземная РР и РТР ведется с целью получения информации о местоположении назначении и деятельности войсковых частей, штабов, командных пунктов, испытательных полигонов, промышленных предприятий, научно-исследовательских учреждений, а также о ТТХ и боевых возможностях РЭС военного назначения.

НР осуществляется путем радиоперехвата сообщений и пеленгования радиостанций в линиях и сетях УКВ, КВ, СВ, ДВ, тропоферной и радиолинейной связи, а также перехвата и пеленгования сигнала бортовых и наземных радиолокационных средств и телеметрической аппаратуры.

РР и РТР со стационарных постов ведется в диапазоне частот 0.01 - 40000 МГц.

РЛР ведется с целью добывания информации об испытываемых баллистических ракетах и слежения за космическими объектами.

Для ведения разведки привлекаются наземные РЛС системы раннего предупреждения о ракетном нападении и системы контроля космического пространства [25].

Наземная ОЭР ведется с целью точного определения координат космических объектов и элементов боевого оснащения испытываемых БР, а также распознавания и определения некоторых характеристик этих объектов.

Основными техническими средствами постов оптико-электронного наблюдения являются телескопические камеры «Бейкер-Нанн» и оптико-электронные системы слежения AN/FSR-2.

Камера «Бейкер-Нанн» позволяет осуществлять слежение за освещенными Солнцем на фоне звездного неба объектами размерами 300 - 400 мм и их фотографирование на расстоянии до 40000 км.

Система AN/FSR-2 обеспечивает слежение за объектами с яркостью 12-й звездной величины на расстоянии до 32000 км.

Для обнаружения, точного измерения координат и распознавания космических объектов с яркостью 16 – 18-й звездной величины на расстоянии до 40000 км США развертывает наземные посты оптико-электронной системы «Геодос» [25].

Портативные (малогабаритные) средства НР подразделяются на подслушивающие устройства, средства ВОР и ОЭР РР, РТР, РДР и ХР, средства перехвата побочных излучений систем передачи, хранения и обработки информации.

К подслушивающим устройствам относятся:

- малогабаритные микрофоны различных типов;
- направленные микрофоны;
- портативные магнитофоны;
- радиозакладки;
- приборы подслушивания с использованием телефонных линий;
- приборы подслушивания, работающие в оптическом диапазоне волн.

Наиболее широкое распространение для подслушивания получили малогабаритные микрофоны. Эти компактные приборы трудно обнаружить и их установка возможна в самых разнообразных местах. Для подслушивания используются высокочувствительные микрофоны, обеспечивающие перехват разговора на расстоянии до 10 м. Используются микрофоны следующих типов: угольные, пьезоэлектрические, электродинамические, электретные конденсаторы.

Все микрофоны используются в комплексе с усилителем для прослушивания разговора или с записью на портативный магнитофон.

Микрофоны могут быть вмонтированы в шариковые ручки, часы, пуговицы, броши (заколки) и др.

При подслушивании через тонкие стены применяется контактный микрофон (электронные стетоскопы).

Направленные микрофоны подразделяются на параболические и трубчатые. Этот тип микрофонов предназначен для работы в открытом пространстве.

ве. Наибольшей избирательностью обладают трубчатые микрофоны, которые могут быть легко замаскированы под трость, зонт и т.д.

В зависимости от условий применения дальность перехвата разговора с помощью направленного микрофона может быть от нескольких метров до 1 км.

Портативные магнитофоны наиболее удобные устройства для фиксации разговоров. Они могут работать в сочетании с выносными малогабаритными микрофонами или иметь встроенные микрофоны. Включение магнитофона может быть ручным или от «голоса». В целях экономии магнитной ленты акустомат обеспечивает выключение магнитофона во время пауз в разговоре. Современные портативные магнитофоны отличаются бесшумностью работы, включения и выключения.

Радиозакладки – это устройства, представляющие собой миниатюрные радиопередатчики УКВ диапазона. Они могут иметь встроенные или выносные малогабаритные микрофоны, антенны самого разного вида вплоть до микроспиральных.

Дальность действия таких миниатюрных передатчиков в значительной степени зависит от условий распространения радиоволны, взаимного расположения передатчика и приемника, чувствительности приемного устройства. Рабочие частоты передатчиков могут быть различными. Стандартные диапазоны частот 30 - 50, 72 - 88, 88 - 108 МГц.

Камуфляж радиозакладок чаще всего имеет вид предметов повседневного обихода.

Устройства подслушивания с использованием телефонных линий подразделяются на монтируемые и подключаемые.

Монтируемые приборы представляют собой радиозакладки, вмонтированные в телефонный аппарат для передачи разговоров, ведущихся в помещении. Питание этих радиозакладок осуществляется от телефонной линии.

Подключаемые приборы подслушивания это портативные записывающие устройства или радиозакладки, непосредственно подключаемые к телефонному аппарату. Они имеют обычно автономное питание и дистанционное управление.

Существует несколько возможных способов подключения этих устройств к телефонной линии:

- параллельно через конденсатор без нарушения параметров телефонной линии;
- последовательно с питанием от телефонной линии;
- с помощью индукционной катушки;
- в виде действующего микрофонного капсюля телефонной трубки;
- «бесконечный передатчик», который включается в работу путем набора номера подслушиваемого телефонного аппарата и подачи тональных сигналов в телефонную трубку от специального генератора.

В тех случаях, когда невозможно для прослушивания помещения использовать радиозакладки или электронные стетоскопы, применяется метод дистанционного подслушивания с использованием специальных лазерных устройств.

Узкий лазерный луч, облучая какую-либо поверхность (оконное стекло, например), отражается от нее зеркально или диффузно. Если эта поверхности ~~вibriruet~~ под воздействием звуковых волн от происходящего в помещении разговора, то отраженный лазерный луч будет промодулирован акустическими сигналами. В приемном устройстве осуществляется демодуляция лазерно-отраженного сигнала и выделение речевой информации. Дальность действия подобных устройств до 1 км и более.

Важное место при ведении ТР отводится добыванию секретной информации, циркулирующей в системах передачи, хранения и обработки. Эти системы включают в себя различного рода устройства и приборы средств связи, вычислительной техники и

оптико-электронная разведка ведется с помощью портативной телевизионной и тепловизионной аппаратуры, а также приборов ночного видения, которые обеспечивают наблюдение объектов в условиях низкой освещенности, когда невозможно использование средств оптической разведки.

Портативные телевизионные камеры работают в спектральном диапазоне 0.4 - 1.1 мкм при минимальной освещенности 10^{-4} лк (соответствует ясному безлунному небу), имеют разрешающую способность 1000 - 5000 строк и обеспечивают наблюдение объекта типа автомобиль на расстоянии около 3 км [25].

Портативные тепловизионные камеры работают в спектральном диапазоне 8 - 14 мкм, имеют угловую разрешающую способность 0.15 мрад и обеспечивают наблюдение объектов типа автомобиль на расстоянии до 3 км при наличии дымки, тумана и вочных условиях [25].

Портативные приборы ночного видения (бесподсветочные) работают в спектральном диапазоне 0.4 - 1.2 мкм, имеют угловую разрешающую способность 0.1 мрад и обеспечивают наблюдение объекта типа автомобиль на расстоянии до 3 км при освещенности 10^{-1} лк [25].

1.5. Обработка разведывательной информации

Процесс добывания разведывательной информации техническими средствами разведки (TCP), как правило, включает 4 основных этапа:

- добывание первичных разведданных об объекте различными TCP;
- получение разведывательных сведений об объекте на основе анализа первичных разведданных каждого отдельного средства разведки;
- комплексная обработка разведсведений, полученных при помощи нескольких средств разведки;

- подготовка итоговой разведывательной информации для потребителя в соответствии с поставленными разведывательными задачами.

Первичные разведданные содержат всю доступную для соответствующего средства объективную информацию в виде качественных и количественных признаков разведываемых объектов.

Добытые первичные разведданные представляют собой снимки объектов и местности в различных диапазонах волн или запись принятых сигналов и результатов измерения их параметров в цифровой или аналоговой форме на фотопленке, магнитной ленте и других носителях, устройствах памяти ЭВМ, а также в донесениях, составляемых операторами неавтоматизированных средств разведки.

Качество добывания первичных данных, с точки зрения возможности выявления признаков разведываемого объекта, зависит не только от технических характеристик средств разведки, но и от свойств и состояния этого объекта, а также от условий ведения разведки (дальности, метеоусловий, времени года и суток, рельефа местности и др.).

Таким образом, на первом этапе добываются первичные разведданные, несущие весь объем информации об объекте.

На втором этапе осуществляется обработка первичных разведданных, полученных каждым отдельным средством разведки.

Разведданные в виде записей измеренных параметров сигналов радиолокационных, гидролокационных, лазерных средств обнаружения и управления оружием используются для распознавания РЭС, а также типов оружия и объектов, на которых эти средства установлены. Распознавание осуществляется путем сравнения параметров принятых сигналов с параметрами известных излучающих средств.

Разведданные в виде записей отраженных радиолокационных и гидролокационных сигналов, спектров ИК излучения, гидроакустических и акустических шумов объектов используются для определения координат и скорости объектов, для их распознавания путем сравнения спектров принятых сигналов с соответствующими «портретами» известных объектов, а также для аналитической оценки размеров, некоторых геометрических и конструктивных характеристик разведываемых объектов по особенностям спектра отраженных (излучаемых) сигналов. Сигнатуры объектов в различных диапазонах волн направляются в автоматизированные банки данных и используются не только в интересах разведки, но и для создания новых систем управления оружием.

В случаях, когда полнота и достоверность разведсведений, полученных при помощи одного средства разведки, достаточны для решения поставленной разведывательной задачи, процесс обработки заканчивается на втором этапе и итоговая развединформация готовится на основе этих разведсведений. Если же полученные разведсведения имеют низкую достоверность или

по своему составу недостаточны для решения поставленной задачи, то процесс разведки включает в себя третий этап.

На третьем этапе осуществляется комплексная обработка разведсведений полученных с использование различных средств разведки, которая включает привязку сведений от различных средств разведки к конкретным объектам по пространственным, временным и др. признакам; совместный анализ разнородных сведений, относящихся к одному объекту, и взаимную логическую увязку и уточнение; аналитическое определение характеристик объекта, зависящих от совокупности разнородных сведений. При комплексной обработке в полную меру используются также сведения, полученные другими (нетехническими) методами разведки. На этом этапе может производится совместная обработка первичных разведданных от различных средств разведки. Объем сведений, получаемых при комплексной обработке, может значительно превысить суммарный объем исходных разнородных сведений, т.к. при этом учитываются их взаимные связи, которые не могли быть выявлены при раздельном анализе.

Аналитический характер этапа комплексной обработки сведений требует глубоких профессиональных знаний и практического опыта в соответствующей области. В связи с этим комплексная обработка осуществляется, как правило, разведцентрами, имеющими в своем составе специализированные подразделения по видам оружия, военным объектам или отраслям производства аналитические подразделения. К работе в этих подразделениях привлекаются ученые и специалисты соответствующего профиля.

Таким образом, разведсведения об объекте, полученные на 3-ем этапе, содержат всю информацию, которую может добыть противник методами технической разведки с учетом одновременного использования других (нетехнических) методов разведки.

На четвертом этапе осуществляется подготовка итоговой разведывательной информации для различных категорий потребителей в соответствии с их запросами.

Итоговая развединформация представляет собой разведывательные сведения, донесения, справки, аналитические обзоры, технические описания и документы, разработанные на основе сведений, полученных на 2-ом и 3-ем этапах.

Органы разведки в сфере своей ответственности разрабатывают разведывательные документы для трех основных категорий потребителей: для высшего государственного, политического и военного руководства, для военного командования на ТВД и для военно-промышленного комплекса.

Объем, содержание, направленность, степень детализации или обобщения информации в этих документах определяются в соответствии с запросами конкретных потребителей.

Таким образом, итоговая разведывательная информация представляет собой конечный результат разведывательной деятельности, который практически используется в интересах государственных и военных органов, организаций и предприятий ВПК государства.

Проведенный американскими специалистами сравнительный анализ эффективности различных форм разведки показал, что в современных условиях наиболее информативной является техническая разведка.

Известно, что 20 - 25% добываемой разведывательными службами США информации поступает из открытых информационных источников, 20 - 25% - из докладов сотрудников официальных представительств США в других государствах, около 5% - из неофициальных источников и остальная приходится на техническую разведку.

Можно считать, что в будущем разведка с использованием технических средств займет ведущее место в добывании информации.

Глава 2

Оценка возможностей технической разведки по добыванию информации

2.1. Основные показатели средств технической разведки

Оценка возможностей разведки конкретного объекта включает два этапа: определение возможности добывания разведанных об объекте с помощью различных ТСР в заданных условиях и определение качества этих данных.

Для оценки используются следующие показатели:

- вероятность обнаружения объекта;
- вероятность распознавания объекта;
- дальность действия технических средств разведки;
- точность определения местоположения объекта и ошибки измерения его параметров;
- вероятность ошибки воспроизведения перехваченных сообщений;

Вероятность обнаружения является количественным показателем возможности получения разведанных рассматриваемым средством разведки в заданных условиях. Этот показатель учитывает энергетические возможности приема информации об объекте средством разведки и возможность выделения этой информации на фоне собственных и искусственных помех.

Расчет вероятности обнаружения конкретного объекта связан с выявлением средств разведки, с помощью которых возможно добывание разведдан-

ных о нем и исключением из дальнейшего рассмотрения средств разведки, с помощью которых в заданных условиях никаких данных получить нельзя.

После выявления средств разведки, обеспечивающих обнаружение объекта, проводится оценка качества добываемых разведданных. При этом различные по характеру разведданные оцениваются различными показателями.

Вероятность распознавания является количественным показателем достаточности добываемых разведданных для классификации объектов по типам или их описания. Этот показатель применяется и для оценки возможностей средств разведки, которые обеспечивают получения разведданных в виде изображения объектов. Применительно к таким средствам вероятность распознавания характеризует возможность описания внешнего вида объекта по его изображению на снимке, полученном в заданных условиях.

Расчет вероятности распознавания объекта в целом и деталей его структуры позволяет оценить степень детальности этого изображения, его пригодность для определения и анализа особенностей структуры объекта, выявления сходства и различий между объектами по их внешнему виду. При вычислении этого показателя учитывается зависимость качества изображения от разрешающей способности средств разведки на местности, геометрических размеров объекта, его формы и контраста на местности, а также статистические закономерности восприятия операторами (дешифровщиками) изображений различного качества.

Под дальностью действия систем разведки понимается максимальное расстояние между станцией разведки и объектом, при котором обнаружение и измерение координат объекта осуществляется с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги ($W_{\text{по}}$ и $W_{\text{лт}}$) или измерение его параметров с заданной среднеквадратической погрешностью.

Определение местоположения и величин ошибок измерения параметров объекта является количественным показателем точности и достоверности разведданных, получаемых в виде числовых характеристик объекта.

Этот показатель характеризует степень соответствия между измеренными и действительными значениями параметров объекта и для всех параметров определяется как средний квадрат разности между этими значениями.

Расчет ошибок измерения параметров объекта позволяет оценить возможность использования полученных разведданных для аналитического определения ТТХ объекта, для идентификации объектов по их известным признакам, для выявления индивидуальных признаков и поэкземплярного распознавания объектов, а также оценить возможность правильной привязки разнородных данных к конкретным объектам.

Вероятность ошибки воспроизведения перехваченных сообщений служит количественным показателем достоверности сообщений, полученных в процессе радиоперехвата. В зависимости от вида сообщения в качестве показателя вероятности (достоверности) используется либо среднеквадратич-

ское отклонение перехваченного сообщения от переданного, либо вероятность ошибки, характеризующая процент неверно воспроизведенных элементов сообщения (слов, цифр, букв). При расчете этих показателей наряду с пространственно-энергетическими условиями приема сигнала учитываются особенности его обработки при восстановлении передаваемого сообщения.

Для каждого типа аппаратуры используются только определенные показатели. Например, для определения возможностей разведки аппаратурой фотографической разведки используются показатели: вероятности обнаружения и распознавания объекта, среднеквадратическая ошибка измерения линейных параметров объекта; аппаратурой акустической разведки: вероятность обнаружения акустического шума разведуемого объекта, относительная среднеквадратическая ошибка измерения звукового давления (интенсивности шума); аппаратурой лазерной разведки: вероятности обнаружения и распознавания объекта, среднеквадратическая ошибка измерения линейных параметров объекта; аппаратурой ММР-вероятность обнаружения подводных лодок.

Для проведения оценки возможности аппаратуры необходимы данные по объекту разведки, по аппаратуре разведки, по условиям ведения разведки.

Рассмотрим общий подход к оценки возможностей разведки по каждому из перечисленных выше показателей.

2.2. Вероятность обнаружения объектов

Обнаружением объекта с помощью аппаратуры разведки называется процесс принятия решения о наличии или отсутствии объекта в данной области пространства в результате приема и обработки сигналов.

Прием сигналов всегда происходит на фоне помех того или иного вида (собственные шумы приемника, радиошумы космического пространства, отражение от гидрометеоров, земной поверхности и др.).

Наличие помех приводит к искажению передаваемых сигналов и к возникновению ошибок в оценке обстановки. При обнаружении возможны четыре ситуации.

Во-первых, если объект действительно имеется и сигналы поступают при наличии помех, то по данным разведки наблюдателем могут быть приняты два решения: первое – объект есть и второе – объекта нет. В первом случае (т.е. принятие решения о том, что объект есть при наличии объекта в действительности) называется **правильным обнаружением объекта**. Во втором случае (принятие решения об отсутствии объекта в то время, как объект есть) – **пропуском объекта**. Возможность неопределенного ответа – “неизвестно, есть ли объект или его нет” – исключается.

Во-вторых, если объекта нет, то при наличии помех также возможны два решения: объект есть и объекта нет. В этом случае принятие решения о нали-

ции объекта (когда его в действительности нет) называется ложной тревогой, а решение об отсутствии объекта - правильным необнаружением.

Пропуск цели и ложная тревога являются ошибками при обнаружении объектов. Так как в общем случае сигналы и помехи являются случайными функциями времени, то принятие того или иного решения носит случайный характер. Поэтому возможность возникновения перечисленных ситуаций принято характеризовать соответствующими вероятностями: вероятностью правильного обнаружения $W_{\text{по}}$, пропуска $W_{\text{пр}}$, ложной тревоги $W_{\text{лт}}$ и правильного необнаружения $W_{\text{пн}}$.

Правильное обнаружение и пропуск объекта (при наличии объекта в действительности) образуют полную группу несовместимых событий, поэтому

$$W_{\text{по}} + W_{\text{пр}} = 1 \quad (18)$$

Точно так же ложная тревога и правильное необнаружение образуют полную группу несовместимых событий при отсутствии объекта

$$W_{\text{лт}} + W_{\text{пн}} = 1 \quad (19)$$

Рассмотренные четыре вероятности являются условными, т.к. они характеризуют события, происходящие при условии наличия или отсутствия объекта. В реальных условиях работы станции разведки мы не можем заранее знать, имеются ли объекты в просматриваемой области пространства или их там нет.

Обозначим вероятность наличия объекта в интересующий нас области пространства через $W(\text{ц})$, а вероятность отсутствия объекта через $W(\text{o})$.

Четыре указанных события также составляют полную группу несовместимых событий, поэтому

$$W(\text{ц}) \cdot W_{\text{по}} + W(\text{ц}) \cdot W_{\text{пр}} + W(\text{o}) \cdot W_{\text{лт}} + W(\text{o}) \cdot W_{\text{пн}} = 1 \quad (20)$$

где: $W(\text{ц}) \cdot W_{\text{по}}$ - безусловная вероятность правильного обнаружения,

$W(\text{ц}) \cdot W_{\text{пр}}$ - безусловная вероятность пропуска цели,

$W(\text{o}) \cdot W_{\text{лт}}$ - безусловная вероятность ложной тревоги,

$W(\text{o}) \cdot W_{\text{пн}}$ - безусловная вероятность правильного необнаружения.

Оптимальным устройством обнаружения будет такое устройство, с помощью которого может быть достигнуто лучшее (по сравнению с другими) значение выбранного критерия при прочих равных условиях. Наиболее употребляемыми являются три критерия: критерий идеального наблюдателя, критерий Неймана-Пирсона, критерий последовательного анализа.

В соответствии с критерием идеального наблюдателя оптимальное устройство обнаружения должно обеспечивать минимум суммарной безусловной вероятности ошибок обнаружения, т.е.

$$W_{\text{ош}} = W(\text{ц}) \cdot W_{\text{пр}} + W(\text{o}) \cdot W_{\text{лт}} \rightarrow \min \quad (21)$$

Критерий идеального наблюдателя применяется для систем радиосвязи, когда вероятности $W(\text{ц})$ и $W(\text{o})$ известны априори.

Относительная частота появления ошибок определяется априорными вероятностями $W_{(ц)}$ и $W_{(о)}$ соответственно. Поэтому средняя вероятность общей (суммарной) ошибки равна

$$W_{\text{общ}} = W_{(ц)} \cdot W_{\text{пр}} + W_{(о)} \cdot W_{\text{лж}}, \quad (22)$$

а вероятность правильного обнаружения сигнала равна

$$W_{\text{по}} = 1 - W_{\text{лж}}$$

В соответствии с критерием Неймана-Пирсона, оптимальное устройство характеризуется максимумом разности

$$W_{\text{по}} - W_{\text{лж}} \text{ при } W_{\text{лж}} \leq (W_{\text{лж}})_{\text{доп}}, \quad (23)$$

Следовательно, оптимальный характер критерия Неймана-Пирсона состоит в том, что он максимизирует вероятность правильного обнаружения при фиксированной вероятности ложной тревоги.

В приемном устройстве, с помощью которого производится обнаружение сигналов, осуществляется определение апостериорных вероятностей различных сообщений (например, сообщение - есть объект или его нет) и указание в качестве решения на то сообщение, вероятность которого больше остальных. Основными характеристиками устройства, используемыми для обнаружения сигналов являются рабочие характеристики приемника.

Рабочая характеристика приемника (обнаружителя) представляет зависимость $W_{\text{по}}$ от отношения сигнал/шум на входе обнаружителя (q) для заданного значения $W_{\text{лж}}$.

На рис. 11 представлены соответствующие зависимости для обнаружителя, описываемого соотношением

$$W_{\text{по}} = \frac{q \cdot \bar{\Phi}(1 - W_{\text{лж}})}{\sqrt{1 + q}}, \text{ где } \bar{\Phi}(1 - W_{\text{лж}}) \text{ интеграл вероятности}$$

и случая узкополосного импульсного сигнала. Таким образом, рассчитав соотношение сигнал/шум в точке приема и зная $W_{\text{лж}}$, можно определить $W_{\text{по}}$.

2.3. Вероятность распознавания объектов по параметрам принятых сигналов

Понятие распознавания образов относится к множеству классов объектов. Объекты объединяются в классы по общим признакам, присущим соответствующему классу.

Следовательно, процесс распознавания заключается в отнесении обнаруженного объекта к одному из классов множества по характерным признакам.

В качестве характерных признаков, например РЭС, могут быть приняты следующие параметры излучаемого сигнала: несущая частота, длительность и период следования импульсов, поляризация, вид модуляции и т.д.

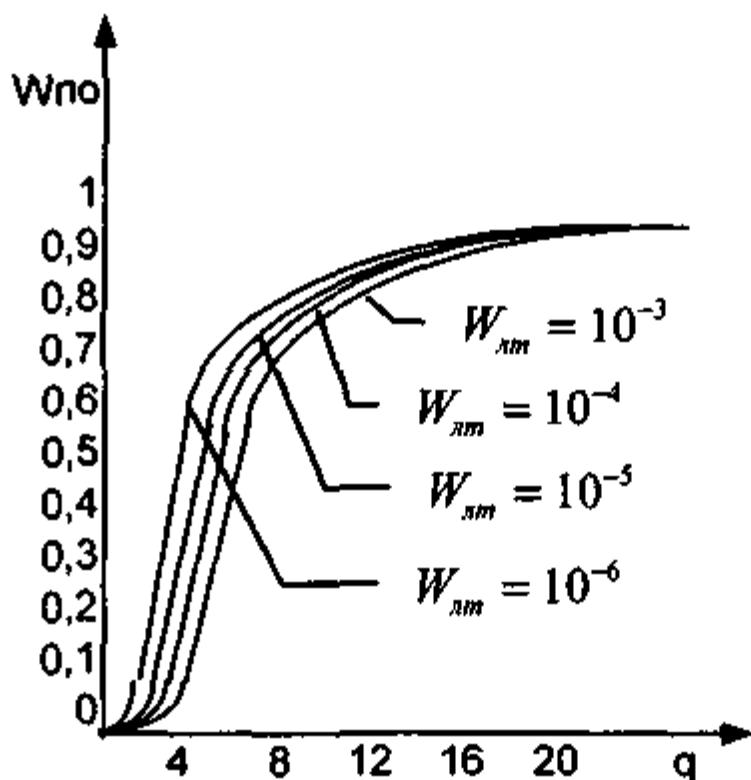


Рис. 11. Зависимость W_{po} от отношения сигнал/шум

Распознавание объекта, т.е. определение его типа и назначения может осуществляться как оператором, так и автоматически, путем сравнения измеренных в процессе разведки параметров принятого сигнала с параметрами априорно известных объектов. Если распознавание объекта производится по "n" измеренным параметрам, причем значения параметров для каждого объекта могут изменяться в известных пределах, то каждому типу объекта будут соответствовать некоторая область n-мерного пространства, протяженность которой по любой из "n" координат определяется диапазоном возможных значений соответствующего параметра. Так как значения параметров объектов различных типов могут перекрываться, то и соответствующие этим объектам объемы в n-мерном пространстве могут пересекаться. Следовательно, распознавание типа объекта является случайным событием и носит вероятностный характер. Вероятность распознавания образа РЭС ($W_{расп}$) будет зависеть от конкретной радиоэлектронной обстановки в районе разведки, точности измерения параметров сигналов, их количества и алгоритма обработки принятого сигнала. Чем больше типов РЭС функционируют в разведываемом диапазоне волн, тем сильнее оказывается влияние ошибок измерения параметров на вероятность распознавания РЭС. Увеличение ошибок измерений приводит к уменьшению вероятности распознавания объекта. Количество разведываемых параметров в том или ином случае определяется конкретными задачами разведки. Естественно, что максимальная информация об объекте, а следовательно, и максимальная вероятность распознавания получается

при определении возможно большего числа параметров разведуемого объекта. Однако информационная ценность различных параметров объектов изменяется в достаточно широких пределах. Поэтому в ряде практических случаев возможно ограничить число измеряемых параметров, при этом существенно не снижая вероятность распознавания объектов. Например, практика ведения РЭР и расчеты для типовой радиоэлектронной обстановки дают предельно возможную вероятность распознавания импульсной РЛС, равную 0.96, при измерении трех параметров + несущей частоты (f_h), длительности импульса (t_i), и периода следования импульсов (T_i). При этом информационная ценность указанных параметров соответствует $W_{РАСП}=0.34$ при измерении только f_h , $W_{РАСП}=0.57$ при измерении только t_i , $W_{РАСП}=0.67$ при измерении только T_i . То есть с точки зрения информационной ценности наиболее информативным параметром является T_i .

Основным элементом аппаратуры автоматического распознавания объектов является специализированная ЭВМ, в памяти которой закладывается априорная информация о характеристиках возможных объектов разведки. Для принятия решения о принадлежности объекта к какому-либо классу используются алгоритмы: однозначного принятия решений при полной информации, неокончательных решений, неоднозначных решений, последовательного анализа. Указанный перечень используемых алгоритмов свидетельствует о зависимости вероятности распознавания от типа применяемого алгоритма обработки.

2.4. Методики расчета вероятностей обнаружения и распознавания объектов

Методики оценки возможностей аппаратуры разведки, предназначеннай для обнаружения объектов и измерения параметров его физических полей, разрабатываются на основе использования положений теории распространения электромагнитных и акустических волн в газообразных и жидкых средах, статистической теории приема сигналов и оценки их параметров. При этом, как правило, предполагается, что прием сигналов осуществляется согласованным приемником. Такое предположение позволяет в качестве показателя обнаружения использовать критерий Неймана-Пирсона. С целью учета несогласованности амплитудно-частотной характеристики приемника и спектра сигнала вводят уточняющие коэффициенты, величина которых зависит от характера принимаемого сигнала.

Разработка методики оценки возможностей аппаратуры разведки, предназначеннай для получения видовой информации, вследствие сильного влияния на процесс получения изображений большого числа разнообразных факторов (контраст, характеристики освещенности объекта, параметры и особенности состояния атмосферы и т.д.) теоретическим путем затруднена.

Поэтому в данном случае используется экспериментально расчетный путь выявления необходимых зависимостей, базирующийся на статическом анализе экспериментальных данных.

Ниже представлены методики расчета вероятностей обнаружения и распознавания объектов для нескольких случаев.

Методика расчета вероятностей обнаружения и распознавания объекта аппаратурой фоторазведки

Для расчета вероятности обнаружения объекта W_0 на заданной дальности необходимы следующие исходные данные по объекту разведки:

- коэффициент яркости объекта (B_0);
- максимальные линейные размеры объекта (L_0);
- периметр контура объекта (Q_0);
- радиус описанной окружности объекта (ρ_0);
- радиус вписанной окружности объекта (ρ_v);
- площадь объекта (S_0);

по аппаратуре разведки:

- фокусное расстояние объектива ($f_{об}$);
- разрешающая способность системы «объектив–фотослой» (γ_c);

по условиям ведения разведки:

- коэффициент яркости фона (B_F);
- коэффициент задымленности атмосферы (ξ);
- расстояние между объектом и аппаратурой разведки (D).

При наличии перечисленных выше исходных данных расчет осуществляется в следующем порядке.

Предварительно определяется контраст объекта « K » и коэффициент формы объекта для обнаружения « R_ϕ^0 »:

$$K = \frac{|B_0 - B_F|}{B_0 + B_F}, \quad R_\phi^0 = 0,4 \sqrt{\frac{Q_0(\rho_0 + \rho_v)}{2S_0}}$$

Затем рассчитывается вероятность обнаружения W_0 по формуле:

$$W_0 = \exp \left\{ \left(\frac{R_\phi^0 \cdot D}{2f_{ob} L_0 \gamma_c} \right)^2 \frac{\left[\frac{2(1+\xi) - K}{K} \right]^{0.72}}{1,4 Lg \left[\frac{1+K}{1-K} \right]} \right\}$$

Расчет для исходных данных, приведенных в таблице, показывает, что $W_o=0,9$

Bo	$Lo, м$	$Qo, м$	$\rho_0, м$	$\rho_B, м$	$S_0, м^2$	$V\Phi$	ξ	$D, м$	$f_{об}, мм$	$\gamma_c, лин/мм$
0,4	3	10	3	0,2	1	0,9	0,05	$2 \cdot 10^5$	1000	100

Для расчета вероятности распознавания объекта W_p на заданной дальности аппаратурой фоторазведки используются те же исходные данные и формулы. Отличие заключается в том, что при расчете W_p в формулах необходимо подставить вместо коэффициента формы объекта для обнаружения « R_ϕ^0 », коэффициент формы объекта для распознавания « R_ϕ^P ».

$$W_p = \exp \left\{ \left(\frac{R_\phi^P \cdot D}{2f_{ob}L_0\gamma_c} \right)^2 \frac{\left[\frac{2(1+\xi)-K}{K} \right]^{0,72}}{1,4 \operatorname{Lg} \left[\frac{1+K}{1-K} \right]} \right\}, \text{ где}$$

$$R_\phi^P = 0,4 \sqrt{\frac{Q_0(\rho_0 - \rho_B)}{2S_0}}$$

Для приведенных выше исходных данных $W_p=0,53$.

Методика расчета вероятности обнаружения для тепловизионной аппаратуры разведки

Для расчета W_o объекта при использовании аппаратуры разведки тепловизионного типа необходимы следующие исходные данные.

По объекту:

- температура объекта (t_0);
- коэффициент излучения объекта (ε_0);
- максимальные линейные размеры объекта (Lo);
- площадь объекта (S_0);

По аппаратуре разведки:

- элементарное поле зрения тепловизора (δ);

- пороговая чувствительность тепловизора по температуре(Δt_0);
- По условиям ведения разведки:

- температура фона(t_Φ);
- средний коэффициент пропускания атмосферы ($\bar{\tau}$);
- коэффициент излучения фона (ε_Φ);
- дальность между объектом и аппаратурой разведки (D).

При наличии перечисленных выше данных расчет производится по формуле:

$$W_0 = 0,5[1 + \Phi(x)],$$

где $\Phi(x)$ - интеграл вероятности,

$$x = \frac{1,3[t_0 - t_\Phi + 35(\varepsilon_0 - \varepsilon_\Phi)] \cdot n \cdot \bar{\tau}}{\Delta t_0} - 3,2$$

$$n = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot b \cdot L_0}{\rho^2} & \text{если } \frac{b}{\rho} < 1, \frac{L_0}{\rho} < 1 \\ \frac{0,9 \cdot \sqrt{L_0}}{\rho \cdot \sqrt{\rho}} & \text{если } \frac{b}{\rho} < 1, \frac{L_0}{\rho} \geq 1 \\ \frac{0,9 \cdot L_0 \cdot \sqrt{b}}{\rho \cdot \sqrt{\rho}} & \text{если } \frac{b}{\rho} \geq 1, \frac{L_0}{\rho} < 1 \\ \frac{\sqrt{bL_0}}{\rho} & \text{если } \frac{b}{\rho} \geq 1, \frac{L_0}{\rho} \geq 1 \end{cases}$$

$$\rho = D\delta, \quad b = \frac{S_0}{L_0}$$

Расчет для данных, приведенных в таблице, показывает, что $W_0=0,31$.

t_0 , град	ε_0	L_0 , м	S_0 , м^2	t_Φ , град	ε_Φ	D , м	δ , рад	Δt_0 , град
20	0,7	10	5	20	0,32	$5 \cdot 10^5$	$25 \cdot 10^{-6}$	0,1

Методика расчета вероятности обнаружения для аппаратуры РТР

Для расчета W_0 излучения РЭС аппаратурой РТР необходимы следующие исходные данные (случай прямой видимости).

По объекту:

- мощность передатчика РЭС(Ризл);
- коэффициент направленного действия (КНД) антенны РЭС в направлении аппаратуры разведки (G_0);
- длина волны излучения (λ);

По аппаратуре разведки:

- вероятность ложной тревоги (W_{lt});
- предельная чувствительность приемника (P_{pr});
- КНД антенны приемника (G_{pr});

По условиям ведения разведки:

- дальность между объектом и аппаратурой разведки (D);

При наличии перечисленных исходных данных расчет производится в следующем порядке.

Предварительно определяется эквивалентная мощность передатчика РЭС ($P_{экв}^{изл}$) и эквивалентная чувствительность разведприемника ($P_{экв}^{пр}$):

$$P_{экв}^{изл} = P_{изл} \cdot G_0 \quad , \quad P_{экв}^{пр} = \frac{P_{пр}}{G_{пр}}$$

Затем рассчитывается W_0 по формулам

$$W_0 = W_{lt}^{\frac{1}{1+0.5 \cdot r^2}} \quad , \quad r^2 = \frac{\lambda^2}{64 \cdot \pi^2} \cdot \frac{P_{экв}^{изл}}{P_{экв}^{пр} \cdot D^2}$$

Для исходных данных, представленных в таблице, $W_0=0,8$

Ризл, Вт	G_0	λ , см	D м	W_{lt}	$P_{пр},$ Вт	$G_{пр}$
10^3	1000	30	$5 \cdot 10^5$	10^{-3}	$4 \cdot 10^{-11}$	5

2.5. Дальность действия технических средств разведки

Дальность действия систем разведки зависит от целого ряда факторов, связанных как с условиями распространения радиоволн (при РЭР) или акустических волн (при ГАР и АР) между станцией разведки и объектом разведки, так и с техническими характеристиками самой станции.

Рассмотрим особенности определения дальности до источников излучений с помощью пассивных средств разведки и дальности до неизлучаемых объектов с помощью активных средств разведки.

Дальность действия пассивных средств РЭР

При ведении пассивной РЭР (РР и РТР) радиосигнал от объекта разведки (излучателя) распространяется к разведывательному приемнику. В этом случае мощность радиосигнала на входе приемника определяется формулой

$$P_{\text{с вх}} = \frac{P_{\text{изл}} \cdot G_0 \cdot S_{\text{эф}}}{4\pi \cdot D^2} \quad (24)$$

где: $P_{\text{изл}}$ - мощность излучателя;

G_0 - коэффициент усиления антенны;

$S_{\text{эф}}$ - эффективная площадь приемной антенны $S_{\text{эф}} \approx (0.5+0.7) \cdot S_{\text{геом}}$;

$S_{\text{геом}}$ - геометрическая площадь приемной антенны;

D - расстояние до разведуемого объекта.

Для средств разведки этот сигнал наблюдается на фоне внутренних шумов приемника. Если спектральная плотность внутренних шумов приемника равна N_0 , то для максимальной дальности действия средства разведки имеем

$$D_{\text{макс}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P_{\text{изл}} \cdot G_0 \cdot S_{\text{эф}}}{\pi \cdot q_0 \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \Delta f_{\text{пр}} \cdot N_0}} \quad (25)$$

где: q_0 - требуемое отношение сигнал/шум на выходе приемника;

$\alpha_{\text{п}}$ - потери в отношении сигнал/шум в тракте приемника;

$\Delta f_{\text{пр}}$ - полоса пропускания приемника.

Реальная дальность действия пассивных средств разведки меньше $D_{\text{макс}}$, что обусловлено поглощением энергии излучения при распространении радиоволн в атмосфере. Реальная дальность действия уменьшается по сравнению с $D_{\text{макс}}$ в $\sqrt{0.5\alpha_{\text{п}}}$ раз, где $\alpha_{\text{п}}$ - коэффициент поглощения сигнала в атмосфере.

Дальность действия активных средств РЭР

При оценке дальности действия активных средств разведки необходимо учитывать двойное распространение радиоволн - до объекта разведки и обратно к приемнику разведсредства. При этом необходимо вычислить отношение сигнал/шум на выходе разведывательного приемника как функцию дальности и сравнить его с требуемым q_0 . Отношение сигнал/шум на выходе приемника будет

$$q_{\max} = \frac{P_{\text{изл}} \cdot G_0 \cdot S_{\phi} \cdot \sigma_c \cdot \alpha_n}{(4\pi)^2 \cdot D^4 \cdot N_0 \cdot \Delta f_{np}} \quad (26)$$

где σ_c - эффективная поверхность рассеивания объекта.

Величина q_{\max} должна быть равна q_0 при $D=D_{\max}$. Подставив q_0 в (26) при $D=D_{\max}$, получим

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{изл}} \cdot G_0 \cdot S_{\phi} \cdot \sigma_c}{(4\pi)^2 \cdot \alpha_n \cdot q_0 \cdot N_0 \cdot \Delta f_{np}}} \quad (27)$$

Анализ полученного выражения показывает, что для увеличения дальности действия активных средств разведки необходимо увеличить мощность излучения, направленные свойства антенны и снижать коэффициент шума приемника.

Реальная дальность действия средства разведки уменьшается по сравнению с D_{\max} в $\sqrt[4]{\alpha_n}$ раз.

В связи с тем что радиоволны распространяются прямолинейно, максимальная дальность действия средств разведки будет ограничиваться кривизной Земли.

В этом случае предельная дальность действия будет определяться выражением

$$D_{\text{пр}} = 113(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) \quad (28)$$

где: H_1 - высота антенны станции разведки, км

H_2 - высота подъема объекта разведки, км.

С учетом влияния атмосферной рефракции предельная дальность действия будет определяться выражением

$$D_{\text{пр}} = 130(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) \quad (29)$$

Дальность действия гидроакустических средств разведки

Дальность действия гидролокатора может быть определена из выражения

$$P \geq \frac{16 \cdot \pi \cdot D^4 \cdot J_m \cdot q_0 \cdot \Delta f_{np}}{\gamma \cdot R_3^2 \cdot A} \cdot e^{4\beta \cdot D},$$

где: P – мощность акустического излучателя;
 D – дальность до объекта;
 $J_{ш}$ – спектральная плотность потока мощности акустического шума на входе приёмника;
 q_0 – требуемое отношение сигнал/шум на входе приёмника;
 Δf_{np} – полоса пропускания приёмника;
 β – коэффициент затухания акустических колебаний в водной среде;
 γ – коэффициент осевой концентрации акустической антенны;
 R_3 – радиус эквивалентной сферы;
 A – фактор аномалии с учетом рефракции.

Для ориентировочных расчетов дальности действия акустических средств разведки можно считать, что $\beta = 0$. В этом случае максимальная дальность действия гидролокатора определяется из формулы

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{P \cdot \gamma \cdot R_3^2 \cdot A}{16 \cdot \pi \cdot J_{ш} \cdot q_0 \cdot \Delta f_{np}}} \quad (30)$$

Дальность действия пассивной станции акустической разведки и поиска работающих гидроакустических средств описывается формулой

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{P \cdot \gamma \cdot A}{4 \cdot \pi \cdot J_{ш} \cdot q_0 \cdot \Delta f_{np}}} \quad (31)$$

2.6. Точность определения местоположения объектов на местности

Известны три способа определения местоположения источников излучения: триангуляционный (пеленгационный, угломерный), разностно-дальномерный, угломерно-разностно-дальномерный.

Триангуляционный метод основан на измерении угловых направлений на источник излучения минимум в двух приемных пунктах (для плоскости), взнесенных на некоторое расстояние, называемое базой. Местоположение объекта определяется точкой пересечения двух прямых (линий пеленга), каждая из которых является линией положения, т.е. геометрическим местом очков возможного местонахождения источника излучения на плоскости (рис. 12).

При определении местоположения объекта в пространстве необходимо определить азимутальные пеленги в двух пунктах и угол места в одном, или парабол, пеленг в угломестной плоскости в двух пунктах и азимут в одном.

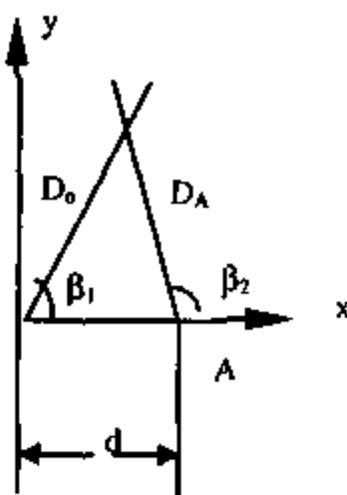


Рис. 12. Пояснение триангуляционного метода определения координат на плоскости

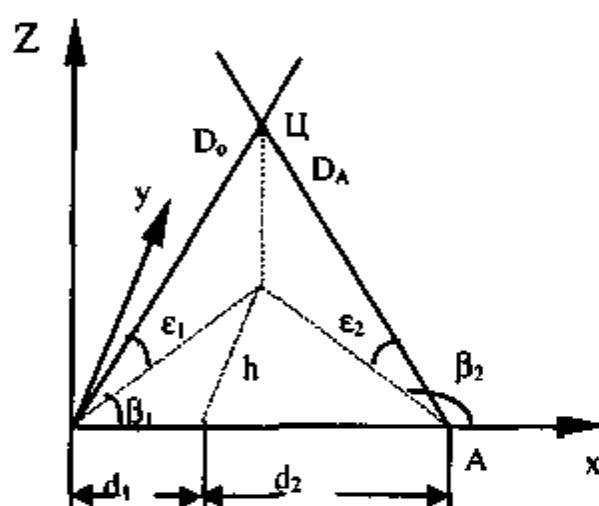


Рис. 13. Пояснение триангуляционного метода определения координат в пространстве

Местоположение источника излучения соответствует точке пересечения трех поверхностей положения (трех плоскостей) (рис. 14).

Разностно- дальномерный способ определения местоположения источника излучения основан на измерении разности расстояний от излучения до пунктов приема и построении по ним соответствующих гипербол, которые в данном случае являются линиями положения. Фокусами гипербол будут пункты приема. Местоположение источника излучения на плоскости определяется точкой пересечения, как минимум, двух гипербол (рис. 13).

Для определения местоположения источника излучения в пространстве необходимо иметь три поверхности положения которыми в этом случае являются гиперболоиды вращения. Точка пересечения этих поверхностей является местом нахождения источника.

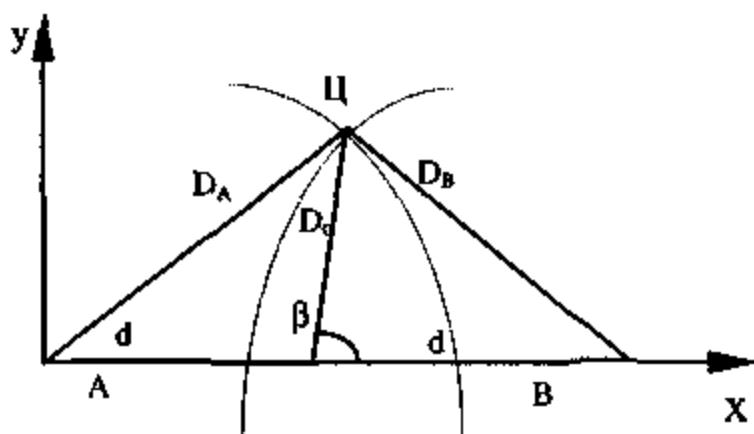


Рис. 14. Пояснение разностно- дальномерного метода определения координат

Угломерно-разностно- дальномерный способ предполагает измерение разности расстояний от источника излучения до двух разнесенных приемных пунктов, с построением по этой разности гиперболы и измерение направления на источник в одном из этих пунктов.

Местоположения источника излучения на плоскости определяется точкой пересечения гиперболы и прямой (рис. 15).

Для определения положения источника в пространстве необходимо дополнительно измерить в одном из пунктов приема угол места источника. Местоположение источника находится как точка пересечения двух плоскостей и гиперболоида вращения.

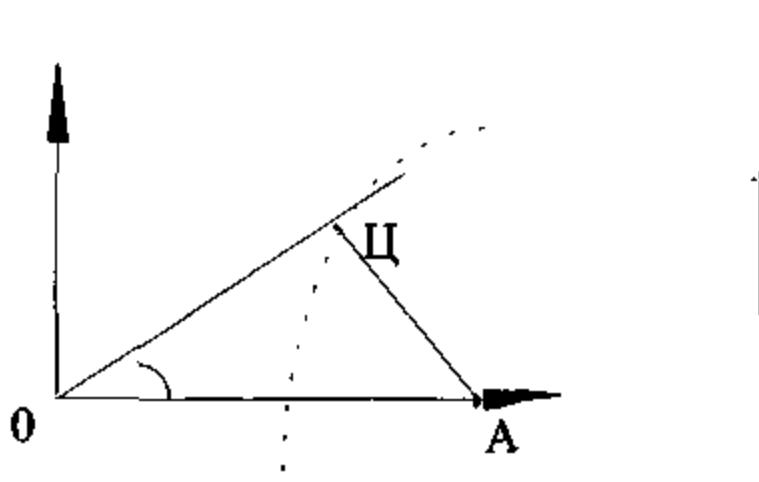


Рис. 15. Пояснение угломерно-разностно- дальномерного метода определения координат на плоскости

Рассмотрим вопрос точности определения местоположения источника излучения для плоскости. Представим, что объект находится на большом расстоянии от станции разведки. В этом случае вблизи объекта любые линии

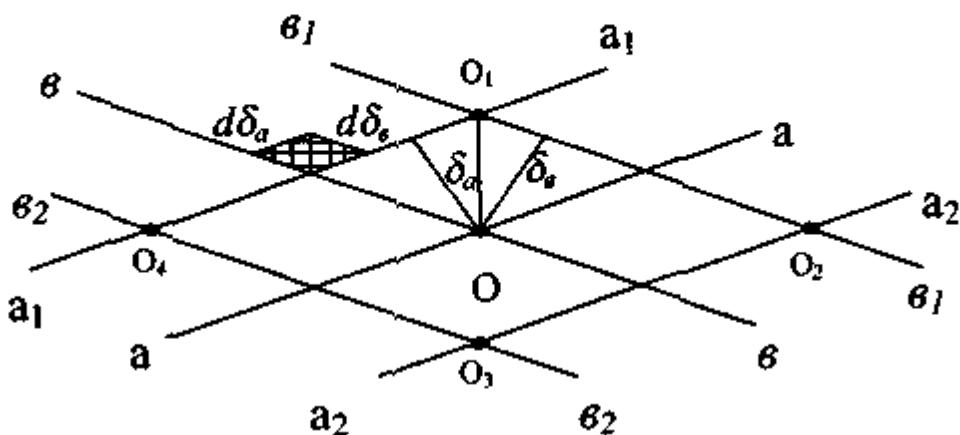


Рис. 16. Пояснение к определению точности места разведываемого объекта

положения можно заменить отрезками прямых линий. Если бы линии положения a и b (рис. 16) определялись без ошибок, то их пересечение (точка O) указывало бы точное положение объекта. Но в действительности при определении линии положения всегда имеются ошибки δ_a и δ_b (линии положения a_1 и b_1). Расстояние OO_1 в данном случае представляет линейную ошибку в определении местоположения объекта.

Обычно считается, что распределение ошибок δ_a и δ_b подчиняется нормальному закону:

$$\begin{cases} w(\delta_a) = \frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\delta_a^2}{2\sigma_a^2}\right) \\ w(\delta_b) = \frac{1}{\sigma_b \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\delta_b^2}{2\sigma_b^2}\right) \end{cases} \quad (32)$$

Здесь σ_a и σ_b - среднеквадратические ошибки определения линий положения.

Плотность совместного распределения двух случайных величин δ_a и δ_b определяется формулой

$$W(\delta_a, \delta_b) = \frac{1}{2\pi\sigma_a\sigma_b\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[\frac{\delta_a^2}{\sigma_a^2} + \frac{\delta_b^2}{\sigma_b^2} - \frac{2\rho\delta_a\delta_b}{\sigma_a\sigma_b} \right] \right\} \quad (33)$$

где ρ - коэффициент корреляции ошибок δ_a и δ_b .

$$\rho = \frac{M[\delta_a, \delta_b]}{\sigma_a \cdot \sigma_b} = \frac{1}{\sigma_a \cdot \sigma_b} \iint \delta_a \cdot \delta_b W(\delta_a, \delta_b) d\delta_a d\delta_b \quad (34)$$

Здесь символом M обозначено математическое ожидание произведения двух случайных ошибок δ_a и δ_b . Если эти ошибки независимы, то $\rho = 0$ и в этом случае

$$W(\delta_a, \delta_e) = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_a \cdot \sigma_e} \cdot \exp \left[-\left(\frac{\delta_a^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\delta_e^2}{2\sigma_e^2} \right) \right] \quad (35)$$

Используя эти зависимости, можно найти вероятность того, что объект находится в пределах заштрихованной площадки (рис. 16)

$$dP = W(\delta_a, \delta_e) \cdot d\delta_a \cdot d\delta_e \quad (36)$$

Из всего бесконечного множества таких элементарных площадок можно выбрать те из них, положение объекта внутри которых является равновероятным. Совокупность этих площадок образует бесконечно узкий поясок внутри некоторой кривой, называемой кривой равновероятных ошибок определения места. Уравнение этой кривой определяется из условий

$$W(\delta_a, \delta_e) = const$$

Если ошибки измерений δ_a и δ_e независимы, то уравнение этой кривой получается из (35) в виде

$$\frac{\delta_a^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\delta_e^2}{2\sigma_e^2} = K^2 \quad (37)$$

Выражение (37) является уравнением эллипса. Следовательно кривая равновероятных ошибок представляет собой эллипс, который получил название эллипса ошибок определения положения объекта (рис. 17).

Практический интерес представляет определение вероятности нахождения точки местоположения объекта внутри эллипса ошибок. Для этого можно воспользоваться теоремой сложения вероятностей, в соответствии с которой вероятность появления какого-либо одного из нескольких несовместимых событий равна сумме вероятностей этих событий. Вероятность P нахождения объекта внутри эллипса ошибок будет равна сумме вероятностей нахождения его в бесконечно большом количестве эллиптических поясов. Для того чтобы найти результирующую вероятность, необходимо произвести интегрирование (36) по всей площади S эллипса с учетом (35) и (37).

В этом случае имеем

$$P = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_a \cdot \sigma_e} \iint_S e^{-K^2} \cdot d\delta_a \cdot d\delta_e \quad (38)$$

В результате получим

$$P = 1 - e^{-K^2} \quad (39)$$

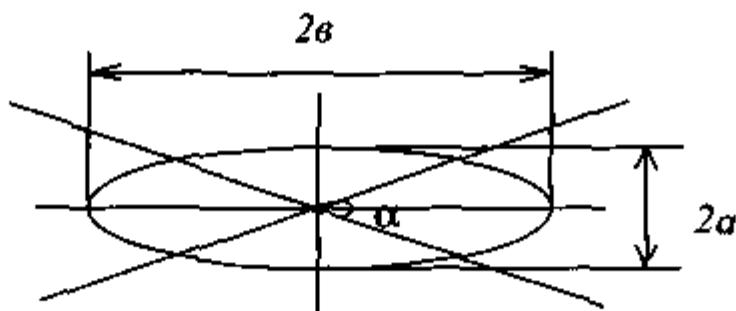


Рис15. Эллипс ошибок

откуда

$$K = \sqrt{1 - \ln(1 - P)} \quad (40) \quad (40)$$

Для определения P в зависимости от K можно воспользоваться соответствующими таблицами [37].

В таблице 8 представлены вероятности нахождения точки местоположения объекта внутри эллипса ошибок для некоторых значений K .

Таблица 8

P	0	0.05	0.2	0.5	0.633	0.8	0.95	0.99	1.0
K	0	0.227	0.472	0.882	1	1.268	1.73	2.147	∞

Размеры полуосей эллипса ошибок связаны с вероятностью P нахождения измеренного положения объекта в пределах этого эллипса.

Полуоси эллипса ошибок могут быть рассчитаны по формулам:

$$a = \frac{\sqrt{-\ln(1 - P)} \cdot \sqrt{\sin 2\epsilon}}{\sqrt{1 + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot \sin^2 2\epsilon}} \cdot \sqrt{2\sigma_a \cdot \sigma_\epsilon} \quad (41)$$

$$b = \frac{\sqrt{-\ln(1 - P)} \cdot \sqrt{\sin 2\epsilon}}{\sqrt{1 + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot \sin^2 2\epsilon}} \cdot \sqrt{2\sigma_a \cdot \sigma_\epsilon} \quad (42)$$

$$\text{здесь } \epsilon = \arctg \frac{\sigma_a}{\sigma_\epsilon}$$

Задаваясь значениями P и зная α (угол пересечения осей эллипса), σ_a и σ_ϵ , можно определить размеры эллипса ошибок.

При центрированном гауссовском законе распределения ошибок определения линий положения среднеквадратическое значение ошибки определения местоположения излучающего объекта имеет вид

$$\sigma_{\text{пп}} = \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_e^2 \pm 2\rho \cdot \sigma_a \cdot \sigma_e \cdot \cos \alpha}}{\sin \alpha} \quad (43)$$

где σ_a^2, σ_e^2 - дисперсии ошибок определения линий положения;

ρ - коэффициент взаимной корреляции ошибок;

α - угол пересечения линий положения.

При независимых ошибках определения линий положения ($\rho = 0$) имеем

$$\sigma_{\text{пп}} = \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}}{\sin \alpha} \quad (44)$$

Из выражения (44) следует, что ошибки определения местоположения излучающего объекта на плоскости в существенной степени зависят от угла пересечения линий положения (α). Наибольшая точность будет при пересечении линий положения под прямым углом ($\alpha=90^\circ$).

При оценке ошибок определения местоположения объекта в пространстве необходимо рассматривать ошибки измерения трех геометрических величин. Ошибка определения местоположения в этом случае зависит от взаимной пространственной ориентации поверхностей положения. Наивысшая точность определения местоположения будет при пересечении нормалей к поверхностям положения под прямым углом.

2.7. Оценка точности измерения параметров сигналов

Измерение параметров сигналов различных физических полей всегда происходит при наличии различного рода помех и неизбежно сопровождается погрешностью измерения.

Причины появления погрешностей чрезвычайно многочисленны и связаны:

- с самим измеряемым объектом - недостаточным знанием свойств объекта, наличием мешающих факторов (шумы, помехи) в составе исследуемого сигнала и т.д.;
- с несовершенством методов и средств измерения;
- с влиянием условий проведения измерений (температура, давление, влажность, наличие вибраций, внешних электрических и магнитных полей);
- с субъективными особенностями оператора.

Погрешности обычно подразделяются на систематические и случайные.

Систематической погрешностью (смещением оценки) называется математическое ожидание погрешности $\Delta\hat{x}$, равное разности между математич-

ским ожиданием оценки параметра $\bar{\alpha}^*$ и его истинной величиной α_0 , т.е.

$$\Delta\alpha = \bar{\alpha}^* - \alpha_0.$$

Систематические погрешности не случайны, поэтому они могут быть скомпенсированы путем соответствующей регулировки измерителя.

Случайная погрешность $\Delta\alpha$ текущего измерения параметра α есть разность между оценкой (измеренным значением) параметра α^* и его истинной величиной α_0 , т.е. $\Delta\alpha = \alpha^* - \alpha_0$.

Поскольку погрешность $\Delta\alpha$ является случайной величиной, то определить ее конкретное значение при данном измерении нельзя. Можно найти лишь ее статистические характеристики: математическое ожидание, дисперсию, плотность вероятности $P(\Delta\alpha)$ и т.д.

Проблема оценки точности измерения параметров сигналов в условиях различной степени априорной неопределенности сведений о помехах и сигналах является достаточно сложной проблемой. Поэтому на первом этапе можно оценить потенциальную точность измерения параметров для случая детерминированного радиосигнала на фоне аддитивного "белого" гауссовского шума.

При дальнейших исследованиях необходимо решать задачу оценивания параметров стохастических радиосигналов, т.е. радиосигналов, параметры которых изменяются в течении времени наблюдения.

2.7.1. Особенности оценки точности измерения параметров радиосигнала

При получении оценок параметров радиосигналов для оговоренных выше условий применяются байесовские и небайесовские методы.

В байесовской постановке задачи оцениваемый параметр интерпретируется как случайная величина, распределения вероятности которой известно наблюдателю. При реализации байесовской оценки вводится функция потерь $C(\theta, d)$, которая характеризует плату за вынесение оценки $d = \delta(y)$ при условии, что истинное значение параметра равно θ . Минимизируя средний риск

$$\bar{I}(W_0, \delta) = M\{Q, \delta(y)\} = \iint_{\Omega} Q(Q, \delta(y)) \cdot W\left(\frac{y}{\theta}\right) \cdot W_0(Q) \cdot dy \cdot d\theta$$

или же апостериорный риск

$$\bar{I}(y, \delta) = M\left[C\left(Q, \frac{\delta(y)}{y}\right)\right] = \int_{\Omega} C\left[Q, \delta(y)\right] \cdot W\left(\frac{Q}{y}\right) \cdot dQ,$$

где W_0 , $W\left(\frac{Q}{y}\right)$ - априорная и апостериорная плотности вероятности параметра Q соответственно, можно найти байесовское решение $d^* = \delta^*(y)$ относительно априорной вероятности $W_0(Q)$:

$$T(W_0, d^*) = \min T(W_0, d)$$

Решение d^* будет оптимальным по байесовскому критерию или байесовской оценкой параметра Q .

Как уже было отмечено, основным постулатом байесовских оценок является допущение о том, что все оцениваемые параметры случайные величины с априорно известной плотностью вероятности. В реальных ситуациях обстоятельства нередко складываются так, что наблюдатель не располагает надежной информацией о θ . Такая картина характерна, например, для оценки каких-либо физических величин, не измерявшихся раньше совсем или изменившихся в иных условиях. В этих случаях необходим полный отказ от интерпретации измеряемых параметров как случайных величин и переход к небайесовским критериям оценки. В большинстве радиотехнических задач, связанных с небайесовской оценкой параметров, преимущественно используется метод максимального правдоподобия (МП). Это объясняется рядом достоинств оценок, получаемых этим методом, а также сравнительной простотой вычислений и практической реализацией соответствующих алгоритмов в виде измерительных устройств. Поэтому при дальнейшем рассмотрении вопроса будем ориентироваться на этот метод.

Для метода МП плотность распределения вероятностей $W\left(\frac{y}{Q}\right)$ наблюдений y , принадлежащих области Γ , рассматривается как функция неслучайного параметра Q , $L(Q) = W\left(\frac{y}{Q}\right)$.

Эта функция называется функцией правдоподобия. Оценкой МП в этом случае называется такая точечная оценка $d^* = \delta^*(y) \equiv \hat{Q}_n$, для которой

$$L(\hat{Q}_n) = \max_{Q \in \Omega} L(Q) \quad (45)$$

Если максимум достигается во внутренней точке множества Ω и функция правдоподобия дифференцируема по θ , то оценка МП является корнем уравнения

$$\frac{dL}{dQ} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{d \ln L(Q)}{dQ} = 0 \quad (46)$$

Уравнение (46) называется уравнением МП. Если $d = \delta(y)$ - несмешенная оценка неслучайного параметра θ , т.е. такая оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемому параметру Q , $M\delta(y) = Q$, можно показать [27], что дисперсия несмешенной оценки имеет нижнюю границу, определяемую неравенством Крамера-Рао

$$D\delta(y) = M[\delta(y) - Q]^2 \geq \frac{1}{M \left[\frac{\partial \ln W(Q)}{\partial Q} \right]^2} \quad (47)$$

Несмешенную оценку, дисперсия которой равна нижней границе Крамера-Рао, называют наиболее эффективной. Граница Крамера-Рао определяет минимальное значение среднеквадратической ошибки σ_Q , а следовательно, представляет потенциальную точность измерения неслучайных параметров радиосигнала. Можно записать в этом случае

$$\left. \begin{aligned} \min D\delta(y) &= \sigma_Q^2 \frac{1}{M \left[\frac{\partial}{\partial Q} \ln W(y/Q) \right]^2} \\ \sigma_Q &= \sqrt{\frac{1}{M \left[\frac{\partial}{\partial Q} \ln W(y/Q) \right]^2}} \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

Расчет потенциальной точности измерений по этим формулам упрощается, если воспользоваться соотношением [28]:

$$M \left[\frac{\partial}{\partial Q} \ln W(y/Q) \right]^2 = -M \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \ln W(y/Q) \quad (49)$$

При расчете необходимо знать плотность распределения вероятностей смеси сигнала и шума $W(y/\theta) \equiv W(y/\theta, \vartheta = 1)$, где ϑ - параметр обнаружения, связанный с наличием шума. Если теперь $W(y/\vartheta = 0)$ - плотность распределения вероятностей одного шума, то

$$\lambda(y/Q) = \frac{W(y/Q, \vartheta = 1)}{W(y/\vartheta = 0)} \equiv \frac{W(y/Q)}{W(y/\vartheta = 0)} \quad (50)$$

есть условное отношение правдоподобия. Так как плотность вероятности шума $W(y/\vartheta = 0)$ не зависит от параметра Q , то

$$\frac{\partial}{\partial Q} \lambda(y/Q) = \frac{\partial}{\partial Q} W(y/Q) \quad (51)$$

Подставляя (51) в (49), а (49) в (48), получим

$$\left. \begin{aligned} \sigma_Q^2 &= -\frac{1}{M \frac{\partial}{\partial Q^2} \ln \lambda(y/Q)} \\ \sigma_Q &= \sqrt{-M \frac{\partial}{\partial Q^2} \ln \lambda(y/Q)} \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Формулы (52) в общем виде определяют среднеквадратическую ошибку измерения параметров радиосигнала.

Максимизация функции правдоподобия (45) с целью определения параметра Q реализующего оценку МП \hat{Q}_m , эквивалентна максимизации условного отношения правдоподобия или его логарифма. При этом уравнение

$$\frac{\partial}{\partial Q} \ln \lambda(y/Q) = 0 \quad (53)$$

эквивалентно уравнению МП (46).

2.7.2. Точностные характеристики измерения параметров радиосигнала

Пусть на некотором временном интервале $(0, T)$ имеется реализация $y(t)$ суммы полезного сигнала $S(Q, t)$ и гауссовского шума $\xi(t)$:

$$y(t) = S(Q, t) + \xi(t) \quad (54)$$

При этом предполагаются известными следующие сведения:

1) гауссовский “белый” шум $\xi(t)$ имеет нулевое математическое ожидание и известную корреляционную функцию:

$$M\xi(t)=0, \quad M\xi(t)\cdot\xi(t+\tau)=\frac{N_0}{2} \delta(\tau), \quad (55)$$

где $\frac{N_0}{2}$ - спектральная плотность “белого” шума,

δ - дельта функция;

2) вид сигнала $S(Q, t)$ задан и он полностью расположен внутри интервала наблюдения $(0, T)$, так что значения сигнала и его производных на концах этого интервала равны нулю.

Применимально к рассматриваемой задаче условное отношение правдоподобия можно записать в виде [28]:

$$\lambda(y / Q) = \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \int_0^T S(Q, t) \cdot y(t) \cdot dt - \frac{1}{N_0} \int_0^T S^2(Q, t) \cdot dt \right\} \quad (56)$$

$$\text{или } \ln \lambda(y / Q) = \frac{2}{N_0} \int_0^T \left[S(Q, t) \cdot y(t) - \frac{1}{2} S^2(Q, t) \right] \cdot dt$$

Все оцениваемые параметры Q радиосигнала можно разделить на энергетические и неэнергетические.

Энергетический параметр определяет величину энергии радиосигнала

$$E(Q) = \int_0^T S^2(Q, t) dt$$

От значения неэнергетического параметра энергия сигнала, как правило, не зависит и поэтому второе слагаемое под знаком экспоненты в (56) является константой.

Амплитуда радиосигнала и его длительность являются энергетическими параметрами, а фаза, частота и время запаздывания это неэнергетические параметры.

Произведем вначале оценку неэнергетического параметра. Условное отношение правдоподобия (56) для случая неэнергетического параметра имеет вид

$$\lambda(y / Q) = \exp \left\{ -\frac{E}{N_0} \right\} \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \int_0^T S(Q, t) \cdot y(t) dt \right\} \quad (57)$$

Подставляя это выражение в (51), получим уравнение МП

$$\frac{\partial}{\partial Q} \ln \lambda(y / Q) = \frac{2}{N_0} \frac{\partial}{\partial Q} \int_0^T S(Q, t) \cdot y(t) \cdot dt = 0 \quad (58)$$

определяющее оптимальную оценку \hat{Q}_n .

Согласно (52) и (57) имеем

$$\sigma_y^2 = - \frac{1}{M \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \ln \lambda(y/Q)} \Big|_{Q=Q_0} = - \frac{1}{\frac{2}{N_o} M \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \int_0^T S(Q, t) \cdot y(t) \cdot dt} \Big|_{Q=Q_0}$$

Здесь учтено, что при расчете потенциальной точности производная логарифма условного отношения правдоподобия должна быть вычислена в точке $Q=Q_0$, где Q_0 - истинное значение оцениваемого параметра. Подставляя в это соотношение наблюдаемую величину $y(t)=S(Q, t)+\xi(t)$ и учитывая, что $M\xi(t)=0$, получим

$$\sigma_Q^2 = - \frac{1}{\frac{2}{N_o} \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \int_0^T S(Q, t) \cdot S(Q_0, t) \cdot dt} \Big|_{Q=Q_0} \quad (59)$$

Интеграл $\int_0^T S(Q, t) \cdot S(Q_0, t) \cdot dt$ - есть автокорреляционная функция сигнала. Введя нормированную автокорреляционную функцию сигнала

$$\rho(Q, Q_0) = \frac{1}{\int_0^T S^2(Q, t) \cdot dt} \cdot \int_0^T S(Q, t) \cdot S(Q_0, t) \cdot dt = \frac{1}{E} \int_0^T S(Q, t) \cdot S(Q_0, t) \cdot dt \quad (60)$$

перепишем соотношение (59) с учетом (60)

$$\sigma_Q^2 = - \frac{1}{\frac{2E}{N_o} \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \rho(Q, Q_0)} \Big|_{Q=Q_0} \quad (61)$$

Таким образом, потенциальная точность измерения неэнергетического параметра будет определяться

$$\sigma_Q = - \sqrt{\frac{1}{\frac{2E}{N_o} \frac{\partial^2}{\partial Q^2} \rho(Q, Q_0)}} \Big|_{Q=Q_0} \quad (62)$$

Как видно, среднеквадратическая ошибка σ_Q обратно пропорциональна отношению сигнал/шум и зависит от кривизны автокорреляционной функции в ее максимуме.

а) Точность измерения фазы.

Используем формулу (62) для оценки точности измерения фазы высокочастотных колебаний радиоимпульса вида

$$S(\varphi, t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \Psi(t) - \varphi], \quad 0 \leq t \leq T$$

где $A(t)$, $\Psi(t)$ - законы изменения амплитудной и фазовой модуляции соответственно, являющиеся детерминированными функциями; ω_0 - известная несущая частота.

Нормированная автокорреляционная функция (60) в этом случае имеет вид

$$\begin{aligned} \rho(Q, Q_0) &= \frac{1}{E} \int_0^T A^2(t) \cos[\omega_0 t + \Psi(t) - \varphi] \cos[\omega_0 t + \Psi(t) - \varphi_0] dt = \\ &= \frac{1}{E} \int_0^T \frac{A^2(t)}{2} \{ \cos(\varphi - \varphi_0) + \cos[2\omega_0 t + 2\Psi(t) - \varphi - \varphi_0] \} dt = \\ &\approx \frac{1}{E} \int_0^T \frac{A^2(t)}{2} \cos(\varphi - \varphi_0) dt = \cos(\varphi - \varphi_0) \end{aligned}$$

Так как $\left. \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \cos(\varphi - \varphi_0) \right|_{\varphi=\varphi_0} = -1$, то согласно (62) $\sigma_\varphi = \sqrt{\frac{1}{2E}} \sqrt{\frac{N_0}{N}}$

Таким образом, среднеквадратическая ошибка σ_φ , характеризующая потенциальную точность измерения фазы высокочастотного заполнения радиоимпульса, обратно пропорциональна корню квадратному из отношения сигнал/шум и не зависит от вида амплитудной и фазовой модуляции.

б) Точность измерения смещения частоты.

Радиосигналы кроме информационных параметров содержат и неинформационные. К последним обычно относятся начальная фаза высокочастотного заполнения радиосигнала и его амплитуда.

Если полезный сигнал кроме информационных параметров содержит неинформационные параметры μ , то плотность распределения вероятностей наблюдения $W(y/Q, \mu)$ зависит и от неинформационных параметров. Так как последние являются мешающими, то их влияние целесообразно исключить. Наиболее просто это делается, когда $\mu \in M$ вектор случайных величин, плотность распределения вероятностей которых (априорная плот-

ность) $W_o(\mu')$ известна. Тогда в соответствии с теоремой умножения вероятностей можно вычислить

$$\int_K \int W(y/Q, \mu) \cdot d\mu_K d\mu_T = \int_K \int W(y, \mu/Q) \cdot d\mu_K d\mu_T = W(y/Q) \quad (63)$$

В результате получаем плотность вероятностей $W(y/Q)$ зависящую только от информационных параметров. Зависимость от неинформационных параметров исключается за счет операции в соответствии с формулой (63) и с учетом известного распределения вероятностей возможных значений μ .

Рассмотрим оценку точности измерения смещения несущей частоты радиосигнала со случайной начальной фазой Φ и амплитудой a . На практике оцениваемый параметр ω часто представляет доплеровское смещение частоты.

Допустим принимаемый сигнал имеет вид

$$S(a, \varphi, \omega, t) = A(t) \cdot a \cos[(\omega_0 + \omega)t + \Psi(t) - \varphi], \quad 0 \leq t \leq T$$

где ω - информационный неслучайный параметр, подлежащий измерению, A и Ψ - неинформационные параметры.

При этом считаем, что амплитуда сигнала a распределена по закону

Релея $W_o(a) = \frac{a}{\sigma_a^2} \exp\left(-\frac{a^2}{2\sigma_a^2}\right)$

а начальная фаза Φ по равномерному закону

$$W_o(\varphi) = \frac{1}{2\pi} \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi$$

При такой постановке задачи воспользовавшись формулой (63), можно определить условное отношение правдоподобия $\lambda(y/\omega)$ путем усреднения условного отношения правдоподобия $\lambda(y/\omega, a, \varphi)$ при фиксированных значениях A и Φ .

$$\lambda(y/\omega) = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \lambda(y/\omega, a, \varphi) \cdot da \cdot d\varphi$$

Используя выражение для отношения правдоподобия сигнала со случайной начальной фазой и амплитудой [28], можно записать

$$\lambda(y/\omega) = \frac{N_o}{N_o + E} \exp\left\{\frac{2\sigma_a^2 z^2(\omega)}{N_o(N_o + E)}\right\},$$

где $z(\omega) = \left| \int_0^T \tilde{y}(t) \tilde{A}^*(t) \cdot e^{-j\omega t} \cdot dt \right|$ - модуль комплексного корреляционного интеграла;

$\tilde{A}(t)$ - комплексная огибающая радиосигнала;

$\tilde{y}(t)$ - комплексная огибающая наблюдаемого процесса.

Для расчета потенциальной точности измерения в соответствии с (52)

необходимо вычислить величину $M \frac{\partial^2}{\partial \omega^2} \ln \lambda(y/\omega)$ с учетом нормированной автокорреляционной функцией сигнала (60).

После ряда преобразований формула для потенциальной точности измерения смещения частоты $f = \frac{\omega}{2\pi}$ радиосигнала со случайными начальной фазой и амплитудой имеет вид

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1 + \bar{q}}{2 \cdot (\bar{q})^2}} \cdot \frac{1}{\Delta t_3} \quad (64)$$

а при $q \gg 1$

$$\sigma_f = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \bar{q} \Delta t_3}},$$

где $\bar{q} = \frac{\bar{E}}{N_0}$ - усредненное отношение сигнал/шум;

$\Delta t_3 = \sqrt{\bar{t}^2 - (\bar{t})^2}$ - эффективная длительность радиосигнала, рассчитываемая по формулам:

$$\bar{t} = \frac{2\pi \int_{-\infty}^{\infty} t |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt}, \quad \bar{t}^2 = \frac{(2\pi)^2 \int_{-\infty}^{\infty} t^2 |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt} \quad (65)$$

Специальным выбором начала отсчета времени можно сделать так,

чтобы $\bar{t} = 0$ и тогда $\Delta t_3 = \sqrt{\bar{t}^2}$

Так как частота Доплера $f = \frac{2v_x}{c} \cdot f_0$, где v_x - радиальная составляющая скорости движения объекта, f_0 - несущая частота зондирующего сигнала, то потенциальная точность измерения радиальной скорости определяется выражением

$$\sigma_{v_x} = \frac{\lambda}{2} \sigma_f, \text{ где } \lambda = \frac{c}{f_0} \text{ - длина волны радиосигнала.}$$

Таким образом потенциальная точность измерения смещения частоты и соответственно радиальной скорости определяется отношением сигнал/шум и длительностью радиосигнала.

в) Точность измерения времени запаздывания радиосигнала.

Оценим точность измерения времени запаздывания радиосигнала используя модель сигнала со случайными начальной фазой Φ и амплитудой a :

$$S(a, \phi, \tau, t) = A(t - \tau) \cdot a \cos[\omega_0(t - \tau) + \Psi(t - \tau) - \phi], \text{ в интервале наблюдения } 0 \leq t - \tau \leq T.$$

Законы амплитудной $A(t - \tau)$ и фазовой $\Psi(t - \tau)$ модуляции зависят от неинформационного неэнергетического параметра τ , являющегося временем запаздывания отраженного от объекта сигнала. Если расстояние от передатчика до облучаемого объекта равно R , причем передатчик и приемник находятся в одной точке, то $\tau = \frac{2R}{c}$ где c - скорость распространения радиоволны.

Принимая во внимание, что неинформационные параметры a и Φ имеют распределения как и в предыдущем случае, можно аналогичным образом исключить их влияние на информационный параметр τ .

Условное отношения правдоподобия сигнала для данного случая [28], можно записать в виде

$$\lambda(y/\tau) = \frac{N_o}{N_o + E} \exp\left\{ \frac{2\sigma_a^2 |\tilde{z}(\tau)|^2}{N_o(N_o + E)} \right\} \quad (66),$$

где $z(\tau) = |\tilde{z}(\tau)| = \left| \int_0^\tau \tilde{y}(t) \tilde{A}^*(t - \tau) dt \right|$ - модуль комплексного корреляционного интеграла;

$\tilde{A}(t - \tau)$ - комплексная огибающая радиосигнала;
 $\tilde{y}(t)$ - комплексная огибающая наблюдаемого процесса.

Для расчета потенциальной точности оценки τ необходимо вычислить величину $M \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} \ln \lambda(y/\tau)$ с учетом нормированной автокорреляционной функцией в соответствии с (52) и (60).

После ряда преобразований формула для оценки потенциальной точности измерения τ имеет вид

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{1 + \bar{q}}{2 \cdot (\bar{q})^2}} \cdot \frac{1}{\Delta f_s} \quad (67)$$

а при $q \gg 1$

$$\sigma_\tau = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \bar{q} \Delta f_s}}, \quad (68)$$

где $\bar{q} = \frac{\bar{E}}{N_0}$ - усредненное отношение сигнал/шум;

$\Delta f_s = \sqrt{\bar{\omega}^2 - (\bar{\omega})^2}$ - эффективная ширина спектра огибающей сигнала, которая рассчитывается с использованием формул:

$$\bar{\omega} = \frac{-j \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\tilde{A}(t)}{dt} \cdot \tilde{A}^*(t) \cdot dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt}, \quad \bar{\omega}^2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{d\tilde{A}(t)}{dt} \right|^2 \cdot dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |\tilde{A}(t)|^2 \cdot dt} \quad (69)$$

Частоту радиосигнала Ω_0 можно выбрать так, чтобы $\bar{\omega}_0 = 0$. В этом случае $\Delta f_s = \sqrt{\bar{\omega}^2}$.

Как следует из формулы $\tau = \frac{2R}{c}$, потенциальная точность измерения дальности σ_R связана с потенциальной точностью измерения времени запаздывания радиосигнала σ_τ соотношением $\sigma_R = \frac{c}{2} \sigma_\tau$, где c - скорость распространения радиоволн.

При определение местоположения объекта разностно-дальномерным способом, измеряется временной интервал между двумя принимаемыми сигналами. Если σ_{τ_1} и σ_{τ_2} - потенциальные точности измерения времени запаздывания каждого из сигналов, то потенциальная точность измерения временного интервала между сигналами при независимых измерениях определяется $\sigma_{\Delta\tau} = \sqrt{\sigma_{\tau_1}^2 + \sigma_{\tau_2}^2}$, а потенциальная точность измерения разности расстояний $\sigma_{\Delta R} = c \cdot \sigma_{\Delta\tau}$.

Как видно из формул (67) и (68), для повышения потенциальной точности измерения времени запаздывания сигнала необходимо расширить спектргибающей сигнала (укачивать импульс), а отношение сигнал/шум повышать.

г) Точность измерения амплитуды радиосигнала.

Предположим, что сигнал имеет вид $S(a, t) = aS_1(t)$, $0 \leq t \leq T$,

где $S_1(t)$ - детерминированная функция, а неизвестным параметром является амплитуда ($Q=a$).

Так как амплитуда является энергетическим параметром, то условное отношение правдоподобия (56) записывается в этом случае в виде

$$\lambda(y/a) = \exp \left\{ \frac{2}{N_o} \int_0^T a S_1(t) \cdot y(t) \cdot dt - \frac{1}{N_o} \int_0^T a^2 S_1^2(t) \cdot dt \right\} \quad (70)$$

$$\text{или } \ln \lambda(y/a) = \frac{2a}{N_o} \int_0^T S_1(t) \cdot y(t) \cdot dt - \frac{a^2}{N_o} \int_0^T S_1^2(t) \cdot dt \quad (71)$$

Рассчитаем теперь границу Крамера-Рао

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{M \frac{\partial^2}{\partial a^2} \ln \lambda(y/a)}$$

Подставив в это выражение (71), получим

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{M \frac{\partial^2}{\partial a^2} \left\{ \frac{2a}{N_o} \int_0^T S_1(t) \cdot y(t) \cdot dt - \frac{a^2}{N_o} \int_0^T S_1^2(t) \cdot dt \right\}}$$

или после преобразования

$$\sigma_a^2 = \frac{N_o}{\int_0^T S_l^2(t) \cdot dt}$$

Учитывая, что энергия сигнала $E = a^2 \int S_l^2(t) \cdot dt$, можно записать

$$\frac{\sigma_a}{a} = \sqrt{\frac{2E}{N_o}} \quad (72)$$

Таким образом, относительная погрешность измерения амплитуды сигнала обратно пропорциональна отношению сигнал/шум по напряжению.

д) Оценка точности измерения длительности детерминированного импульса.

Вычислим дисперсию оценки длительности $\theta = \tau_u$ радиоимпульса гауссовой формы, принимаемого на фоне "белого" гауссовского шума. Радиоимпульс описывается выражением:

$$S(\tau_u, t) = a \cdot \exp \left[-\frac{\pi}{2} \left(\frac{t - t_o}{\tau_u} \right)^2 \right], \quad 0 \leq t_o \leq T \quad (73)$$

где t_o - момент времени, соответствующий середине импульса;

τ_u - длительность импульса, рассчитываемая по формуле

$$\tau_u = \int_0^T \left(\frac{S(t)}{a} \right)^2 dt$$

в предположении, что импульс практически полностью расположен внутри интервала наблюдения. Воспользовавшись формулой (56), запишем условное отношение правдоподобия

$$\ln \lambda(y/\tau_u) = \frac{2}{N_o} \int_0^T \left[S(\tau_u, t) \cdot y(\tau_{uo}, t) - \frac{1}{2} S^2(\tau_u, t) \right] dt \quad (74)$$

где τ_{uo} - истинное значение оцениваемого параметра.

Подставив (73) в (74), можно показать [29], что

$$\ln \lambda(y/\tau_u) = \frac{a}{N_o} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{\pi}{2}(\tau_u^{-2} + \tau_{uo}^{-2}) \cdot x^2 - \frac{1}{2}\exp(-\pi \cdot \tau_u^2 \cdot x^2)\right] \cdot dx = \\ = \frac{a^2}{N_o} \left(\frac{\sqrt{2} \cdot \tau_u \cdot \tau_{uo}}{\sqrt{\tau_u^2 + \tau_{uo}^2}} - \frac{\tau_u}{4} \right) \quad (75)$$

Для дисперсии точности измерения τ_u в соответствии с (52) имеем

$$\sigma_{\tau_u} = \frac{1}{-M \frac{\partial^2}{\partial \tau_u^2} \ln \lambda(y/\tau_u)} \quad (76)$$

Продифференцировав дважды знаменатель выражения (76), получим

$$\left. \frac{\partial^2}{\partial \tau_u^2} \ln \lambda(y/\tau_u) \right|_{\tau_{uo}} = -\frac{3E}{2N_o \tau_u^2} \quad (77)$$

Здесь $E = \frac{1}{2} a^2 \tau_{uo}$ - энергия радиоимпульса.

Подставив (77) в (76), получим

$$\frac{\sigma_{\tau_u}^2}{\tau_{uo}^2} = \frac{3}{4} \left(\frac{2E}{N_o} \right)^{-1} \quad (78)$$

Среднеквадратическая ошибка измерения длительности радиоимпульса обратно пропорциональна отношению сигнал/шум.

2.8. Оценка качества приема и воспроизведения перехваченной информации

При оценки возможностей технических средств разведки по перехвату и воспроизведению информации, передаваемой по каналам связи, исходят обычно из определения отношения сигнала/шум, при котором обеспечиваются заданные качество приема и вероятность воспроизведения перехваченной информации. При этом требуемое отношение сигнал/шум целесообразно увязывать с характеристиками приемных средств. Из большого количества используемых в настоящее время характеристик наиболее приемлемыми являются:

- показатель и индекс артикуляции - для радиотелефонных систем;
- частота (вероятность) появления ошибки - для цифровых систем связи;
- разрешающая способность - для телевизионных и факсимильных систем.

Экспериментальные и теоретические данные о пороговом уровне отношения сигнал/шум на входе детектора для некоторых радиоэлектронных систем и различных видов модуляции полезного сигнала и помехи представлены в табл.9 [31].

Произведем оценку предельных возможностей технических средств разведки по приему и воспроизведению информации, передаваемой по каналам связи некоторых систем.

Таблица 9

Вид модуляции полезного сигнала		Вид помехового сигнала						
		Типа телевизионного сигнала	Типа сигнала имп. РЛС	Импульсы с модуляцией по длительности	Импульсы с модуляцией положения	Импульсный сигнал с ИКМ	Непр. сигнал со случайной АМ и ЧМ	Импульсный сигнал со случ. ИМ
Радиотелефонные системы	с АМ (непр. излуч.)	0	-23	-13	-13	-23	3	-13
	с ЧМ (непр. излуч.)	2	0	0	0	0	2-3	0
	с ИКМ	18	18	18	18	18	18	18
Телевизионные системы и факсимиле	с АМ (непр. излуч.)	45	26	41	41	41	41,45	41
	с ЧМ (непр. излуч.)	10	0	12	12	12	10,12	12
Цифровые системы передачи данных	с модуляцией по длительности	18	18	18	18	18	18	18
	с модуляцией положения	18	18	18	18	18	18	18
	с ИКМ	18	18	18	18	18	18	18
Радиотелеграфные системы	телеграфия без модулирован. зв. частот	7	8	7	8	7	7	7
	телеграфия с АМ	11	9	6	6	9	11	6
	телеграфия с ЧМ	16	6	16	16	6	16	16

Радиотелефонные системы связи. Одной из характеристик, используемых для оценки функциональных линий связи с помехами является показатель артикуляции. Этот показатель характеризует уровень разборчивости речи и представляет собой долю правильно принимаемых слов от их общего числа в передаче (в процентах). Он определяется экспериментально.

На рис.18 приведена зависимость показателя артикуляции от отношения сигнал/шум для АМ сигнала и АМ помехи [31]. Эта зависимость показывает, что переход от хорошего качества приема к плохому происходит достаточно резко и для отношения сигнал/шум около -1дБ величина показателя артикуляции составляет всего 20%.

Другой характеристикой, также используемой для оценки функциональной линии связи с помехами, является индекс артикуляции. Под индексом артикуляции понимается эффект маскирующего действия шума на разборчивость речи.

Усредненная зависимость индекса артикуляции от отношения сигнал/шум приведена на рис.19. Предполагается, что помеха представляет "белый" шум [31]. Индекс артикуляции, равный 0.3, соответствует плохому качеству приема, 0.4 - посредственному.

Анализируя таблицу пороговых отношений сигнал/шум и зависимость индекса артикуляции от отношения сигнал/шум можно установить, что предельное отношение сигнал/шум на входе приемника для систем радиотелефонной связи составляет 0 дБ (отношение сигнал/шум равное 1). Можно предположить, что при данном отношении сигнал/шум выделение полезной информации техническим средством разведки исключается или в значительной степени затрудняется.

Цифровые системы связи. Основной характеристикой при оценке показателей работы цифровых систем связи является вероятность (частота) появления ошибок. Зависимости частоты появления ошибок от отношения сигнал/шум для каналов связи без замыканий с аддитивной помехой в виде гауссовского шума для когерентного приема представлены на рис.20 [32]. Как показывает практика при определении качественных показателей цифровых систем связи эффект воздействия многих видов помех может быть, с некоторым приближением, приравнен к воздействию "белого" шума. Если за характеристику ненадежной связи принять величину вероятности появления ошибки $0,01 (10^{-2})$, то соответствующее значение сигнал/шум, как следует из рисунка для фазовой телеграфии, составляет 4, для частотной телеграфии 7.5 и для амплитудной телеграфии 10.5.

Основываясь на полученных данных, а также учитывая данные таблицы пороговых отношений сигнал/шум, можно принять в качестве предельного показателя отношение сигнал/шум на входе приемника разведки величину 4дБ (или отношение сигнал/шум=1.6). Для цифровых систем передачи дан-

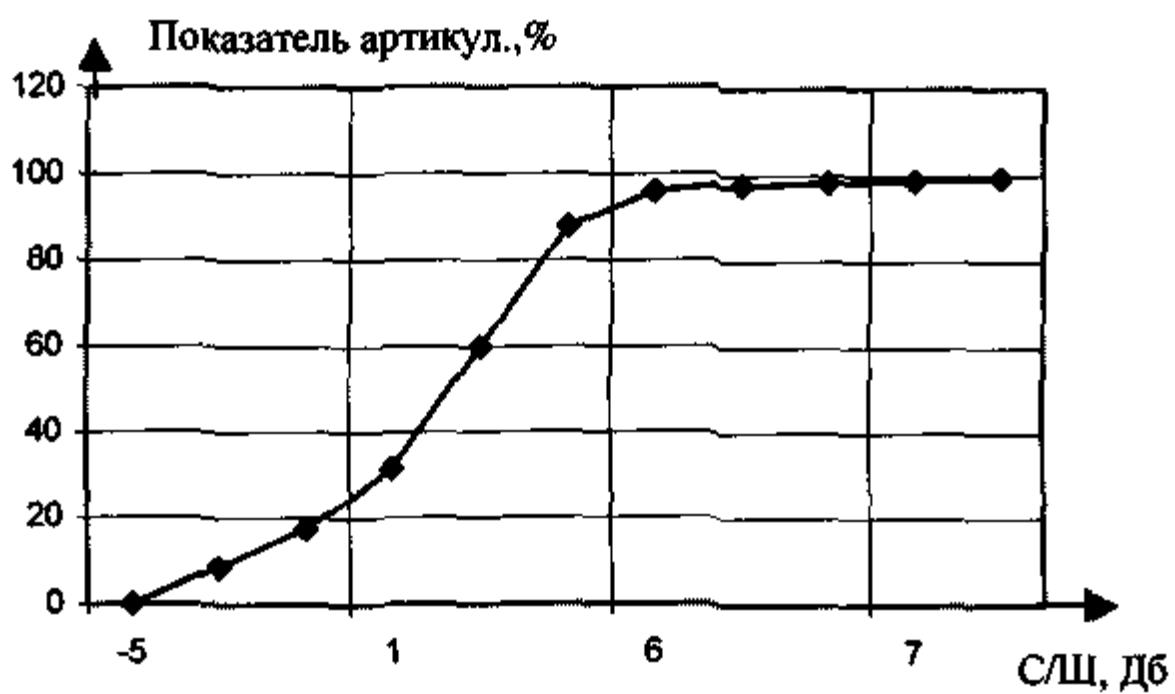


Рис. 18. Зависимость показателя артикуляции от отношения сигнал/шум



Рис. 19. Зависимость индекса артикуляции от отношения сигнал/шум

ных с ИКМ пороговое соотношение сигнал/шум составляет 18 дБ. Поэтому в качестве предельного значения отношения сигнала/шум на входе разведывательного приемника, с некоторым запасом, можно принять величину 15 дБ.

Системы передачи изображений. При приеме сигналов изображения (телевизионные и факсимильные системы) воздействие помехи приводит к ухудшению качества изображения или срыву синхронизации. Точно оценить влияние помехи на характеристики систем передачи изображения достаточно сложно, поскольку такая оценка в значительной степени является субъективной. Обычно ее получают на основе статистических измерений с привлечением большого числа наблюдателей.

В соответствии с данными статистических оценок [33] при случайной шумовой помехе отношение сигнал/шум, требуемое для удовлетворительного качества изображения (по оценке 50% наблюдателей), оказалось равным 27 дБ (отношение среднеквадратических значений сигнала и шума в полосе 6 МГц). Плохое изображение, по оценке 60% наблюдателей, получается при отношении сигнал/шум, равном 18 дБ. Необходимо отметить, что в случае приема черно-белых статических изображений при полосе частот 3000 Гц (факсимиле) едва удовлетворительное изображение получится при отношении сигнал/шум от 5 до 10 дБ [34].

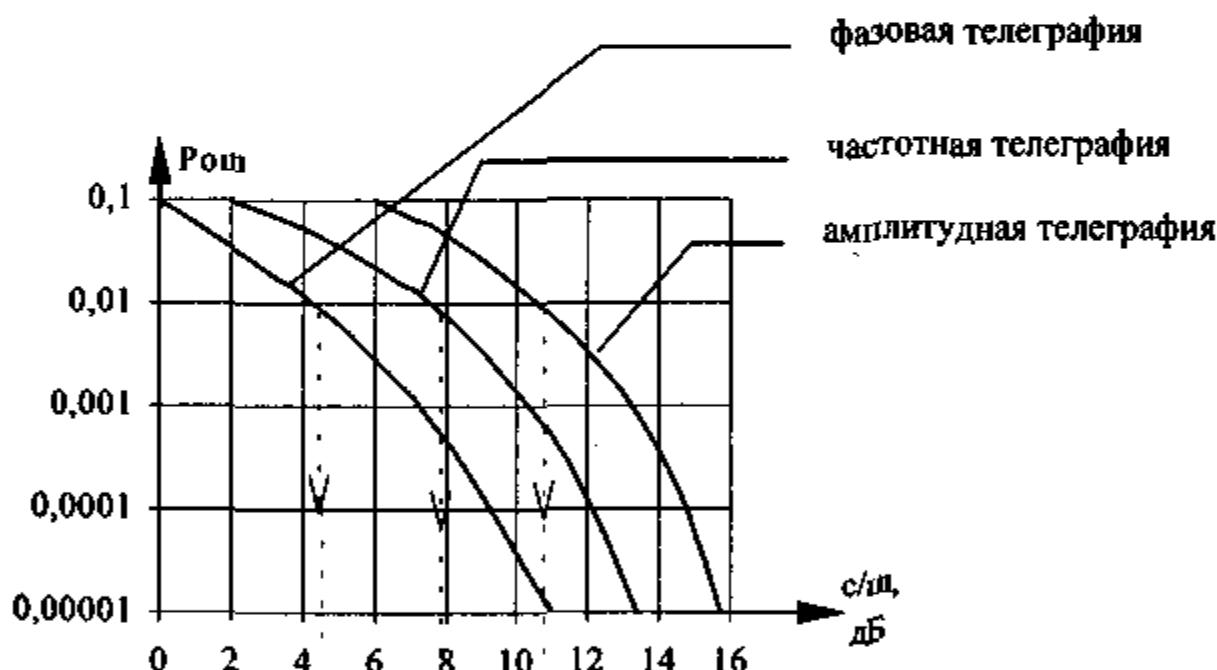


Рис. 20. Зависимость вероятности появления ошибки от отношения сигнал/шум.

На основании анализа данных таблицы пороговых отношений сигнал/шум и учета вышеизложенного в качестве предельного показателя можно принять:

- для широкополосных телевизионных систем величину отношения сигнал/шум, равную 10 дБ (сигнал/шум=3.2);
- для узкополосных систем передачи изображений (системы факсимиле), величину отношения сигнал/шум, равную 0 дБ (сигнал/шум=1).

Для ориентировочной оценки возможностей разведывательных приемников по перехвату и воспроизведению информации других систем можно воспользоваться табл.10, составленной по данным [34-36].

Таблица 10

Виды передач	Отношение с/ш, дБ	Примечания
1. БПА телеграфия посредством АМ БПА телеграфия посредством ЧМ	11 1	
2. Незатухающая телеграфия: - прием на слух - прием на ондулятор - прием на БПА	от -5 до 5 от 5 до 10 от 5 до 10 от 10 до 20 от 15 до 20 от 25 до 30	Едва удовл. прием Хороший прием Едва удовл. прием Хороший прием Едва удовл. прием Хороший прием
3. Прием черно-белых статических изображений (полоса частот 3000Гц)	от 5 до 10 от 10 до 20	Едва удовл. прием Хороший прием
4. Телефония	от 10 до 15 от 25 до 35	Едва удовл. прием Хороший прием

Раздел II

Демаскирующие признаки объектов и источники информации для технических средств разведки

Глава 3

Демаскирующие признаки объектов разведки

3.1. Общие положения

Защита от технических средств разведки (ТСР) является неотъемлемой и составляющей частью научной и производственной деятельности предприятий, учреждений и организаций оборонной промышленности, а также обеспечения боевой деятельности войск и сил флота.

Для качественного и эффективного осуществления мероприятий по защите от ТСР в каждом конкретном случае необходимо проводить тщательный анализ сведений о скрываемом объекте и учитывать возможность их проявления через соответствующие демаскирующие признаки (ДП) структурно-видового облика объектов и их элементов; следы производственной деятельности и функционирования; физические поля, создаваемые объектами; пространственные характеристики и взаимосвязи между объектами и их элементами; средства обеспечения испытаний, производства и эксплуатации; коммуникации объекта. Поэтому важной составной частью защиты объектов является выявление источников информации для ТСР, анализ ДП скрываемых объектов и возможных технических каналов утечки информации.

В каждом конкретном случае ДП и технические каналы утечки информации должны выявляться применительно к перечню скрываемых об объекте сведений и на основе изучения особенностей объектов защиты, условий их разработки, испытаний, производства, эксплуатации. Необходимо также учитывать условия, влияющие на процессы ведения разведки и защиты объектов.

Условия, ограничивающие возможности получения информации с помощью ТСР и способствующие не обнаружению скрываемого объекта, определяются физическими свойствами и состоянием среды, разделяющей объект и средство разведки. При ведении, например, оптической разведки к таким условиям относятся: дымка, туман, облачность, атмосферные осадки, пыль. При ведении радио и радиотехнической разведки причинами уменьшения или полного прекращения поступления информации об объекте могут быть внешние радиопомехи и внутренние шумы разведывательного приемника. Обнаружение и распознавание любых объектов с помощью ИК средств разведки всегда происходит на фоне излучений естественных

образований, которые создают помехи и ограничивают возможности ТСР. Поэтому при анализе ДП скрываемых объектов и оценке возможностей ТСР особое значение приобретает изучение различных факторов, влияющих на вероятность обнаружения и распознавания объектов.

3.2. Демаскирующие признаки объектов, влияющие на их обнаружение и распознавание

Процесс ведения разведки складывается из обнаружения объектов и их последующего распознавания по характерным признакам, которые называются демаскирующими.

Под обнаружением понимается выделение из общей совокупности сигналов одного или группы сигналов, отличных по своим характеристикам от прочих сигналов совокупности и заслуживающих дальнейшего анализа. Выделение подобных сигналов позволяет сделать заключение о наличии в зоне разведки какого-то предмета, отличающегося от фона. Различие характеристик предмета и фона называется контрастом. Чем больше контраст, тем больше вероятность того, что сигналы объекта будут выделены среди других сигналов и объект будет обнаружен. Следовательно, основным демаскирующим признаком при обнаружении объектов является их контраст по отношению к фону.

В том случае, когда принимается сообщение, состоящее из электромагнитных или иных сигналов, изменяющихся во времени, для обнаружения требуется контраст по мощности или тону.

Сущность распознавания заключается в отнесении обнаруженного предмета (или источника излучения) к одному из известных классов объектов. В теории распознавания все объекты делятся на классы, объединяющие большое число представителей. Объекты группируются в классы по определенным признакам. У любого объекта может быть бесконечное число признаков, однако при распознавании используется их определенный набор. Некоторые признаки могут совпадать даже у самых удаленных классов объектов. Можно представить себе, например, танк и его деревянную модель. По таким признакам, как форма, размеры, цвет, модель и оригинал могут полностью совпадать друг с другом и по данному набору признаков их формально необходимо отнести к одному и тому же классу "танки". С другой стороны, деревянную модель танка можно отнести к классу "деревянные изделия". Следовательно, при определенном сочетании признаков даже самые разнородные классы могут совпадать, пересекаться. Очевидно, что чем больше классов пересекается при данном наборе признаков, тем ниже качество распознавания. На этом принципе и строится задача защиты (маскировки) скрываемых объектов от технических средств разведки противника.

Демаскирующие признаки объектов, обеспечивающие их распознавание, можно разделить на следующие группы:

- признаки, характеризующие физические свойства вещества объекта (теплопроводность, электропроводность, структура, твердость и т. д.);
- признаки, характеризующие физические поля, создаваемые объектами (электромагнитные, радиационные, акустические, гравитационные и др.);
- признаки, характеризующие форму, цвет, размеры самого объекта и его элементов;
- пространственные признаки, характеризующие как координаты объекта в пространстве, так и их производные если объект движется;
- признаки, характеризующие наличие определенных связей между объектами и их элементами;
- признаки, характеризующие результаты функционирования объектов (задымленность, запыленность, следы объекта на грунте, последствия взрывов и стрельбы, разработки грунта, загрязнение воды, воздуха и земли продуктами функционирования).

Если объект распознают по одному признаку, то его можно представить точкой $F(x_1)$ на координатной оси X , где x_1 представляет собой данный признак.

Если же распознавание объекта производится по двум признакам, то вместо одной координатной оси можно использовать две координатные оси X_1, X_2 . Тогда объект распознавания можно геометрически представить точкой $F(x_1, x_2)$ на плоскости признаков.

В общем случае для распознавания объектов можно использовать N признаков. Тогда объект распознавания можно представить в N -мерном пространстве признаков.

Глава 4

Оптические характеристики объектов и их связь с демаскирующими признаками

Оптические характеристики объектов и местности играют решающую роль при ведении визуально-оптической и фотографической разведки, а также при осуществлении мероприятий по защите объектов от средств разведки. К числу наиболее важных оптических характеристик, которые определяют внешние проявления или ДП объектов и фонов, следует отнести: контраст между объектами и фонами, освещенность объектов, отражение оптических излучений объектами и фонами, видимость объектов. Кроме того, на яркость наблюдаемых объектов существенное влияние оказывает ослабление оптического излучения в атмосфере. Уменьшение яркости объектов наблюдения, с одной стороны,

снижает вероятность их обнаружения и распознавания и, с другой стороны, упрощает решение задач по их маскировке.

4.1. Контрасты между объектами и фонами

При анализе оптического изображения отдельные элементы этого изображения могут различаться по яркости, цвету, размеру, геометрической форме, а группировки элементов - по количеству, виду их составляющих элементов и взаимному расположению. Поэтому условием обнаружения и распознавания объектов при дешифрировании оптических изображений (фотографического снимка, изображения на телевизионном экране) является контраст простых (одиночных) объектов по яркости, цвету, форме, размеру и контраст сложных (групповых) объектов по количеству, виду и расположению их элементов. [28]

Яркостный контраст возникает, когда объект и фон отражают свет, одинаковый по спектральному составу, но в различных количествах, в результате чего объект может быть темнее или светлее фона. Цветовой контраст возникает, когда объект и фон отражают свет не одинаковый по спектральному составу. В природе чаще всего имеет место между объектом и фоном смешанный контраст, когда от окружающего фона объект отличается как по яркости, так и по цветовому тону. Для правильного решения маскировки объекта наибольшее значение имеет яркостный контраст. Реакция фотоприемника разведки на излучение объекта или фона пропорциональна освещенности изображения, которое создается объективом на светочувствительной поверхности приемника. Как известно, освещенность оптического изображения $E_{из}$ удаленного объекта пропорциональна яркости этого объекта, квадрату относительного отверстия объектива $d_{об}/f_{об}$ и коэффициенту прозрачности оптической системы τ

$$E_{из} = \frac{\pi}{4} \cdot B \cdot (d_{об}/f_{об})^2 \cdot \tau \quad (1)$$

где: B - яркость объекта,

$d_{об}$ - диаметр объектива,

$f_{об}$ - фокусное расстояние объектива,

τ - коэффициент прозрачности оптической системы.

Это значит, что реакция приемника находится в прямой зависимости от яркости фона и объекта. Следовательно и возможности оптических средств разведки противника по выявлению объектов определяются в первую очередь контрастом между фоном и объектом по яркости:

$$K = \frac{B_{max} - B_{min}}{B_{max}} \quad (2)$$

$$\text{или } K = 1 - \frac{B_{\min}}{B_{\max}} \quad (3)$$

где: B_{\min} и B_{\max} - минимальная и максимальная яркости контрастирующих поверхностей объекта и фона.

Все контрасты по яркости находятся в пределах от 0 до 1 (0-100%). Максимально возможный контраст $k=1$ (100%) (при $B_{\min}=0$); полное отсутствие контраста - объект на данном фоне не виден $k=0$ (при $B_{\min}=B_{\max}$). Минимальное значение яркостного контраста, при котором еще отличается различие в яркостях объекта и фона, т.е. когда объект еще обнаруживается, называют пороговым контрастом.

Маскируя объект, необходимо уравнять яркости его и фона до такой степени, чтобы объект был минимально заметен. В маскировке объектов приняты следующие значения коэффициентов контраста:

$k \leq 0.2$ (20%) - незаметный контраст;

$k = 0.2-0.3$ - малозаметный контраст;

$k = 0.3-0.6$ - заметный контраст;

$k \geq 0.6$ - резко заметный контраст.

Яркости фона и объектов зависят от многих факторов, которые требуется знать и учитывать при их маскировке. Это - оптические свойства объектов и фонов, условия их освещения и наблюдения. Неблагоприятные условия освещения и наблюдения всегда использовались в целях маскировки.

Проводимые же инженерно-технические мероприятия имеют целью изменить оптические характеристики объектов и фонов, а следовательно, и их яркость так, чтобы максимально затруднить противнику обнаружение и опознавание маскируемых объектов.

4.2. Освещенность объектов и фонов

Известно, что яркость поверхности любого объекта и фона определяется уровнем ее освещенности (облученности), т.е. величиной падающего лучистого потока, приходящегося на единицу поверхности. С увеличением освещенности пропорционально возрастает и яркость поверхности. Днем общая освещенность земной поверхности E складывается из освещенности прямыми солнечными лучами $E_{\text{пр}}$ и освещенности рассеянным светом $E_{\text{р}}$ небосвода [26]

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{р}}. \quad (4)$$

Интенсивности прямой и рассеянной освещенностей зависят от положения Солнца над горизонтом и достигают своего максимального значения в полдень.

Освещенность, а значит и яркость, различных поверхностей объекта при солнечном освещении не всегда одинаковы, так как они могут быть различно ориентированы по отношению к солнечным лучам. Прямая освещенность Е_{пр} наклонной поверхности подчиняется закону косинуса для освещенности и с увеличением угла падения лучей α уменьшается

$$E_{pr} = E_{pr\perp} \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

$$\text{где } E_{pr\perp} = \frac{E - E_p}{\sin h_\Phi} \quad (6)$$

h_Φ - высота Солнца над горизонтом в градусах.

Рассеянная освещенность Е_р для горизонтальных и наклонных поверхностей отличается по величине на 15-20%.

В условиях солнечного освещения объекты демаскируются тенями. Яркости фона в тени и на солнце, определяемые величинами рассеянной и общей освещенности, могут отличаться во много раз, и это позволяет противнику выявлять объекты даже в тех случаях, когда они по яркости не отличаются от освещенного фона. Поэтому одним из требований, предъявляемых к приемам скрытия объектов, является уничтожение падающих теней или искажение их формы. И наоборот, макеты техники и ложные сооружения должны воспроизводить падающие тени имитируемых объектов.

4.3. Отражение излучений объектами и фонами

Помимо освещенности яркость любой поверхности зависит от ее свойств отражать падающий лучистый поток. Отражаясь от поверхности, лучистый поток обычно изменяет свой спектральный состав и распределение в пространстве.

В зависимости от фактуры поверхности различают следующие виды отражения: направленное (или зеркальное), рассеянное (или диффузное) и смешанное. [26]

Направленное отражение (рис. 1) присуще гладким поверхностям (полированные металлы, стекло, спокойная поверхность воды), у которых размеры неровностей малы по сравнению с длиной волны излучения. При направленном отражении излучений угол отражения равен углу падения и отраженный луч находится в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к поверхности в точке падения луча. Зеркальные поверхности не рассеивают излучений в стороны от направления отраженного луча. Яркость в таких поверхностей определяется

коэффициентом отражения поверхности ρ и яркостью источника освещения Вист

$$B = \rho \cdot B_{ист} \quad (7)$$

Коэффициенты отражения воды, стекла и пластмасс зависят от угла падения (рис. 2). При солнечном освещении зеркальные поверхности создают яркие блики, по которым противник может обнаружить объекты с больших расстояний.

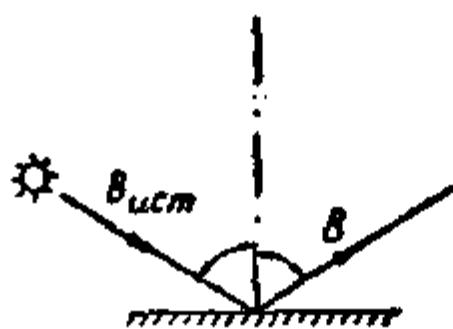


Рис. 1. Направленное отражение

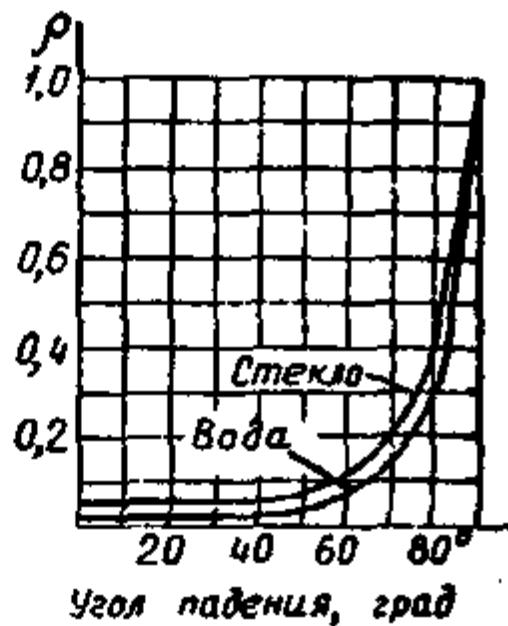


Рис. 2. Коэффициенты зеркального отражения стекла и воды

В случае рассеянного отражения от плоской поверхности (рис. 3) лучи распределяются равномерно во всех направлениях в пределах всей полусферы, независимо от направления освещения. Поэтому яркость поверхности во всех направлениях будет одинакова. Рассеянным отражением обладают все матовые поверхности, например, свежевыпавший снег, клеевая покраска.

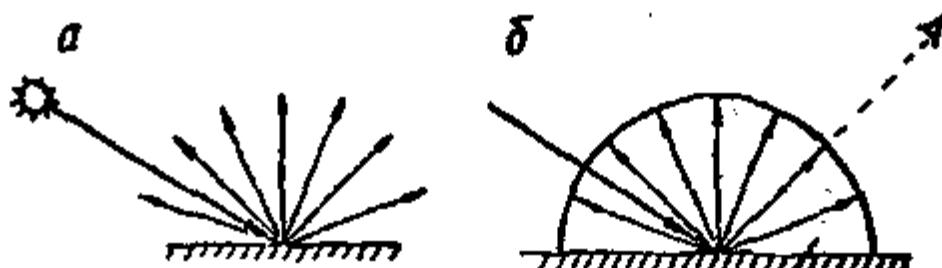


Рис. 3. Рассеяное отражение: а - характер отражения излучений; б - индикатриса коэффициента яркости

Отражающие свойства таких поверхностей принято характеризовать коэффициентом яркости γ . Коэффициентом яркости называют отношение яркости B поверхности в данном направлении к яркости B_0 одинаково с ней

освещенной матовой поверхности, которая полностью отражает падающий на нее лучистый поток

$$B = \frac{B_0}{\pi} \quad (8)$$

Яркость такой идеально белой матовой поверхности зависит только от освещенности E

$$B_0 = \frac{E}{\pi} \quad (9)$$

Следовательно, яркость любой поверхности с рассеянным отражением можно определить, если известны ее освещенность и коэффициент яркости

$$B = g \cdot B_0 = \frac{g \cdot E}{\pi} \quad (10)$$

Так как яркость характеризует величину излучения поверхности не вообще, а в данном направлении (например, в направлении средства разведки), то и коэффициент яркости определяет отражающие свойства поверхности по определенному направлению наблюдения этой поверхности.

В случае смешанного, то есть диффузно-зеркального отражения лучистый поток распространяется в пределах полусферы неравномерно. Поэтому яркость таких поверхностей зависит и от направления освещения и от направления, с которого поверхность наблюдается. Смешанное отражение имеют почти все естественные фоны, объекты и маскировочные покрытия, причем для одних поверхностей преобладающим может быть рассеянное отражение, для других - направленное.

Для характеристики распределения яркости поверхности в различных направлениях при смешанном отражении также используется понятие коэффициента яркости. Причем при диффузно-зеркальном отражении коэффициент яркости может быть больше единицы.

При смешанном отражении яркость поверхности $B_{\alpha\beta}$ в направлении α при наклоне падающих лучей β определяется по формуле, аналогичной (10)

$$B_{\alpha\beta} = \frac{1}{\pi} g_{\alpha\beta} \cdot E \quad (11)$$

Большинство реальных поверхностей отражают падающий лучистый поток избирательно, то есть коэффициент яркости поверхности для излучений различных длин волн не одинаков. При отражении от таких поверхностей меняется спектральный состав лучистого потока. Поэтому

яркость этих поверхностей зависит как от спектрального состава освещенности e_λ , так и от отражающих свойств поверхности для различных длин волн. Для характеристики отражения поверхности при данной длине волны пользуются понятием спектрального коэффициента яркости.

Спектральным коэффициентом яркости r_λ называется отношение яркости b_λ данной поверхности к яркости $b_{0\lambda}$ одинакового с ней освещенной матовой поверхности, полностью отражающей излучения, при облучении их однородным (монохроматическим) лучистым потоком с длиной волны λ

$$r_\lambda = \frac{b_\lambda}{b_{0\lambda}} \quad (12)$$

Зависимость спектрального коэффициента яркости от длины волны изображается графически в прямоугольных координатах и называется спектральной характеристикой поверхности.

Спектральные характеристики природных образований и искусственных материалов чрезвычайно разнообразны, что объясняется сложными процессами взаимодействия лучистой энергии с веществом. Поэтому определяются эти характеристики только опытным путем (рис. 4-6).

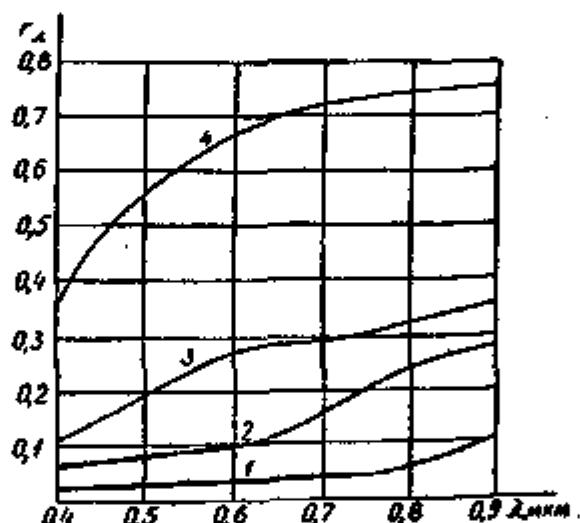


Рис. 4 . Спектральные характеристики грунтов и почв: 1 - черноземные и супесчаные почвы; 2 - подзолистые и суглинистые почвы; 3 - пески; 4-известняк

Спектральные характеристики используются при подборе маскировочных материалов и при контроле качества маскировки объектов. Сопоставляя спектральные характеристики в тех участках спектра, которые используются разведывательными средствами противника, можно установить, соответствует ли маскировочный материал фону по своим оптическим свойствам.

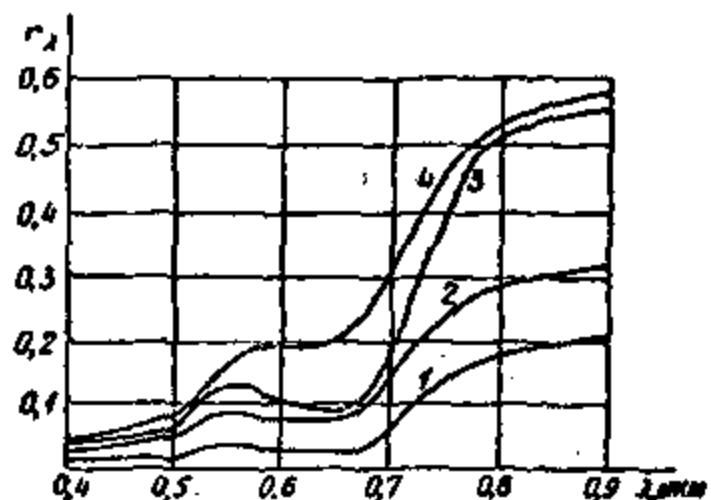


Рис. 5. Спектральные характеристики растительности: 1 – хвойные породы леса зимой; 2 - хвойные лесные породы летом; суходольные луга; 3 - лиственные лесные породы летом, травяной покров с густой сочной растительностью; 4 - лиственные лесные породы осенью, спелые полевые культуры

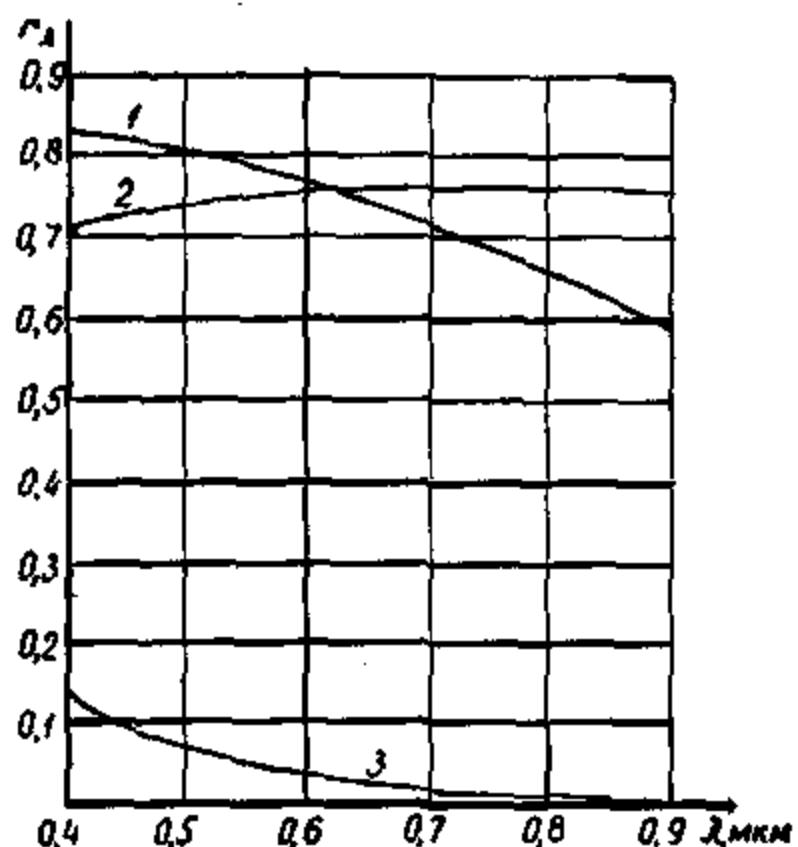


Рис. 6. Спектральные характеристики снежного покрова и водоемов:
1 - свежевыпавший снег; 2 - снег с ледяной коркой; 3 – водоемы

Чем меньше различие между спектральными характеристиками маски и фона, тем меньше будет контраст между ними, тем меньше вероятность обнаружения замаскированного объекта.

Величину спектральной яркости освещенной поверхности можно определить по (10), заменив входящие в него величины на спектральные

$$b_\lambda = \frac{1}{\pi} r_\lambda * e_\lambda \quad (13)$$

4.4. Пропускание и рассеяние излучений атмосферой

При прохождении лучистого потока сквозь атмосферу происходит его частичное ослабление. Вследствие этого яркости наблюдаемых противником объектов и местности становятся несколько меньше по величине. Влияние пропускания атмосферы на яркость объектов учитывается коэффициентом ее прозрачности $\tau_{at\lambda}$. Поскольку взаимодействие излучений с различными компонентами атмосферы (молекулы газов, пары воды, пыль) подчиняется различным законам, то и прозрачность атмосферы для излучений с различными длинами волн не может быть одинаковой. На рис. 7 приведена спектральная прозрачность $\tau_{at\lambda}$ для сухой и чистой атмосферы при плановом наблюдении. В видимой области спектра сквозь атмосферу лучше проходят длинноволновые и хуже коротковолновые излучения. [26]

С учетом поглощения атмосферы спектральная яркость объекта (фона), воспринимаемая средствами разведки, запишется следующим образом:

$$b_\lambda = \tau_{at\lambda} * b_\lambda = \frac{1}{\pi} * e_\lambda * r_\lambda * \tau_{at\lambda} \quad (14)$$

Солнечные лучи, проходящие сквозь атмосферу, многократно отражаются, преломляются и рассеиваются отдельными ее частицами, в результате чего часть лучей изменяет свое направление и распространяется в сторону наблюдения противника, создавая световоздушную дымку. Интенсивность дымки в отдельных областях спектра различна. На рис.8 показана зависимость спектральной яркости световоздушной дымки b_{dd} от длины волны излучений и высоты ведения разведки при благоприятных метеорологических условиях и плановом наблюдении. [26] График показывает, что дымка имеет наибольшую яркость в коротковолновой части видимой области. Яркость дымки в инфракрасных лучах сравнительно мала.

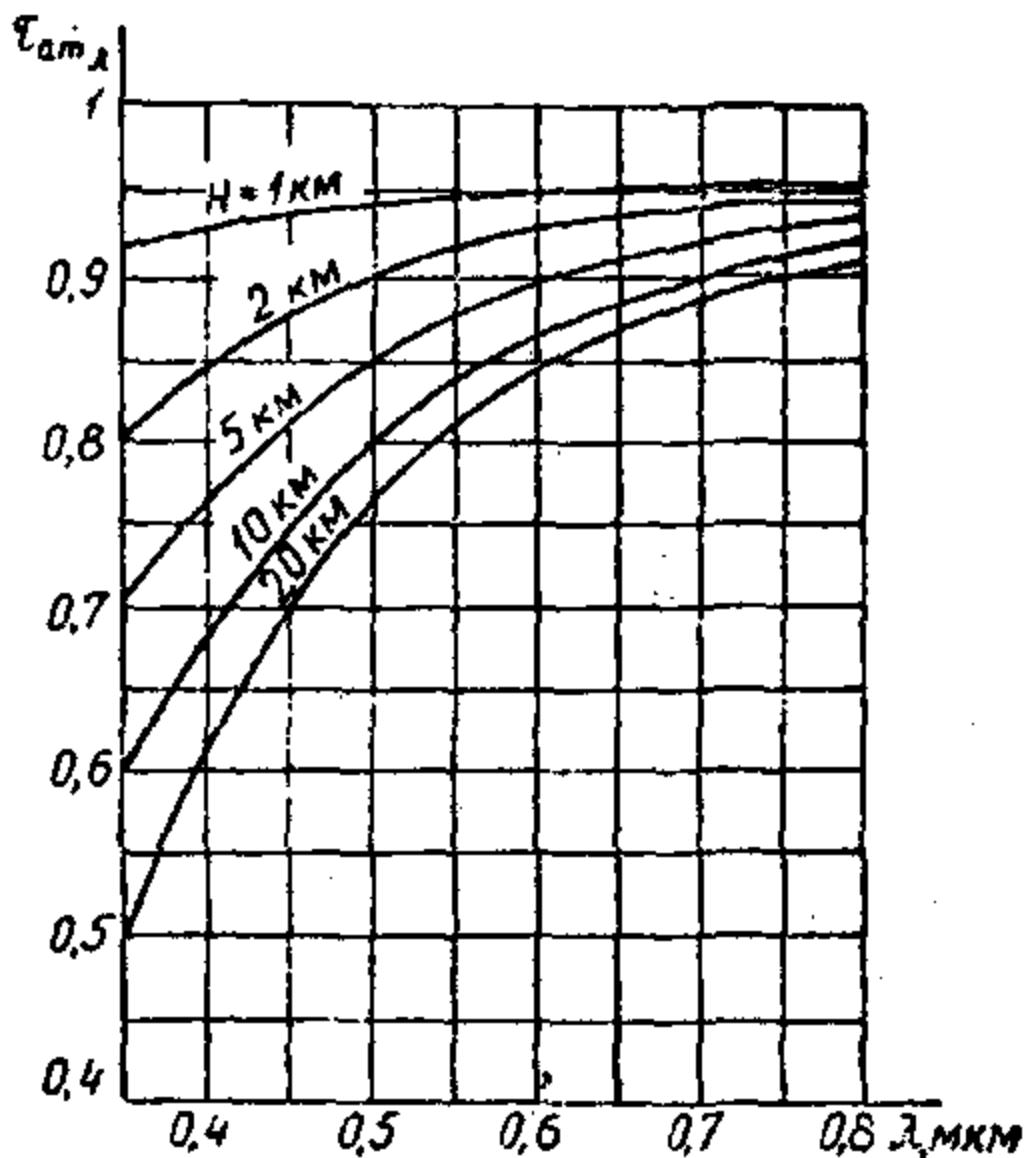


Рис. 7. Спектральная прозрачность атмосферы при плановом наблюдении.

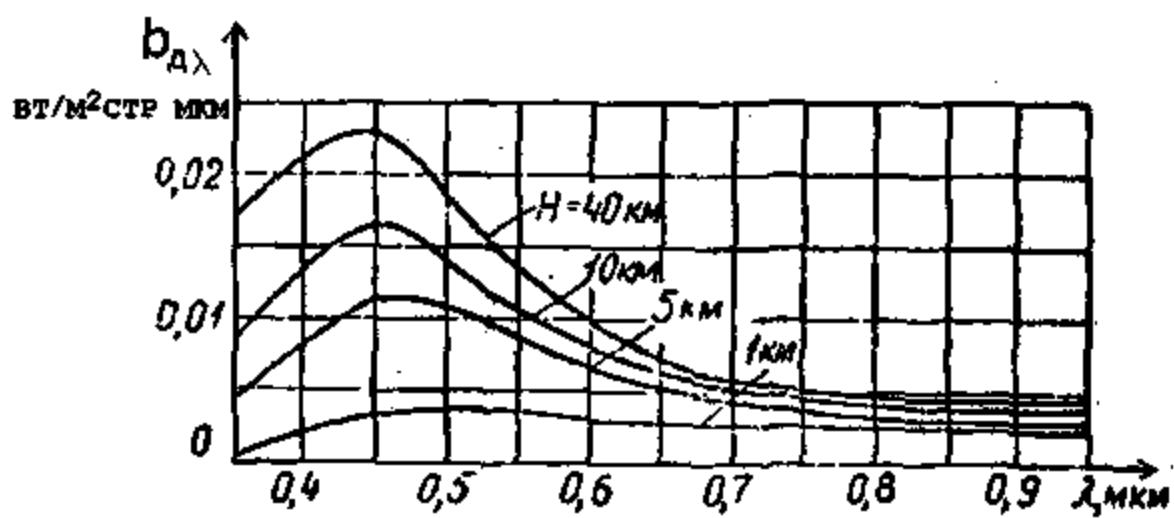


Рис. 8. Яркость световоздушной дымки в основных областях спектра при плановом наблюдении

При ведении разведки яркость дымки накладывается на яркость наблюдаемых предметов. В результате после прохождения атмосферы спектральная яркость поверхностей фона и объектов имеет величину

$$b_{\lambda} = b_{\lambda} + b_{\text{дл}} = \frac{1}{\pi} \cdot e_{\lambda} \cdot r_{\lambda} \cdot t_{\text{атл}} + b_{\text{дл}} \quad (15)$$

Таким образом, пропускание и рассеяние излучения атмосферой может в существенной степени повлиять на контраст между объектами и фоном и тем самым уменьшить вероятность обнаружения и распознавания объектов.

4.5. Видимость объектов

Оценка видимости объектов при ведении разведки и осуществлении маскировочных мероприятий играет существенную роль. Чем выше уровень видимости объектов, тем больше вероятность их обнаружения и распознавания разведкой противника. Поэтому при скрытии объектов добиваются такого снижения их видимости, когда объекты нельзя обнаружить или опознать.

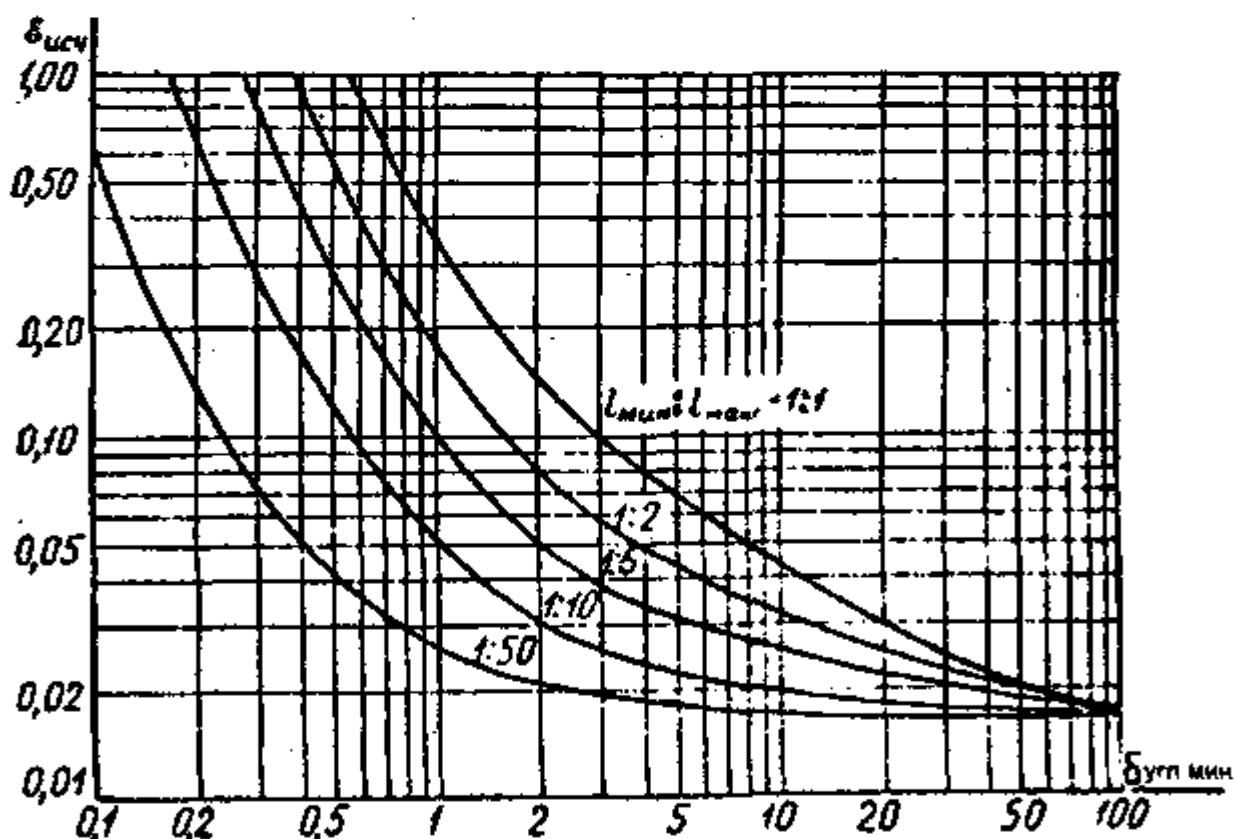


Рис. 9. Номограмма для определения порогов $\epsilon_{\text{исч}}$ объектов наблюдения

Напротив, при имитации уровень видимости макетов и ложных сооружений должен быть достаточным для опознавания их, как действительных объектов.

Ориентировочные значения видимости объектов днем и соответствующие им качественные характеристики интенсивности зрительного восприятия приведены ниже:

Общая характеристика интенсивности зрительного восприятия	Упорогов
Объект невидим (яркость объекта и фона воспринимаются одинаковыми)	1
При фиксированном наблюдении объект едва замечается в виде слабого силуэта; при поиске объекта не обнаруживается	2
При фиксированном наблюдении объект обнаруживается сразу; при поиске объект может быть не обнаружен	2.5-3
При времени поиска 15-20 сек объект обнаруживается в виде слабого силуэта	4-5
Объект обнаруживается быстро; детали не воспринимаются	5-8
Удовлетворительная видимость; видны крупные детали объекта	10-25
Хорошая видимость; воспринимаются различия по цвету	25-35
Очень хорошая видимость	35-50

Видимость объекта при наблюдении днем зависит от многих факторов: контраста К объекта с окружающим фоном, угловых размеров δ и формы объекта, времени наблюдения t . При уменьшении контраста, угловых размеров или времени наблюдения видимость объектов ухудшается.

Время наблюдения может изменяться в широких пределах в зависимости от того, ведется ли разведка с воздуха или с земли. На практике принято рассчитывать на худший случай, когда время наблюдения наших объектов противником не ограничено.

Угловые размеры δ и форма наблюдаемых объектов влияют лишь на одну величину - пороговый контраст зрения ϵ .

В связи с этим видимость объекта, оцениваемую как интенсивность зрительного восприятия (ощущения) различий объекта с фоном, принято

выражать числом V , которое показывает во сколько раз действительный контраст объекта больше порогового контраста ϵ для объекта данной формы и угловых размеров. На рис.9 представлены кривые, которые позволяют сравнивать контраст K с порогом исчезновения объекта. [26]

Поэтому видимость V принято характеризовать количеством пороговых контрастов (порогов) исчезновения объекта, содержащихся в данном контрасте K .

$$V = \frac{K}{\epsilon_{\text{исч}}} \quad (16)$$

Глава 5

Демаскирующие признаки объектов в видимом диапазоне электромагнитного спектра

5.1. Классификация объектов разведки

Объекты, обнаруживаемые и распознаваемые с помощью технических средств оптической разведки, могут классифицироваться по их происхождению (естественные, искусственные), по соотношению линейных размеров, по составу, по способности отражать падающее излучение, по постоянству местоположения объекта (продолжительность существования)[27].

Происхождение объекта определяет не только его внешний облик и положение среди других объектов, но и методику его распознавания. Для объектов естественного происхождения характерны произвольность формы контура, отсутствие строгой упорядоченности в расположении на местности. Внешний вид поверхности естественных объектов характеризуется структурой изображения. Ее постоянство обуславливается единством образующих элементов (кроны деревьев, трава и т.д.).

Объекты искусственного происхождения отличаются специфическими, часто стандартными формами, постоянством состава, типовыми размерами и четко проявляющейся взаимосвязью с окружающей средой.

В зависимости от абсолютных значений и соотношений линейных размеров объекты делятся на три группы: компактные, линейные и площадные.

Компактные объекты имеют исключительно малые размеры, часто соизмеримые с разрешением снимка. К ним относятся отдельные постройки и сооружения, небольшие мосты и т.д.

Линейные объекты - это такие, у которых длина более чем в три раза превосходит ширину: реки и ручьи, дороги, улицы, длинные мосты и т.п. При

отнесении объекта к данному классу большую роль играет абсолютное значение линейных размеров. Например, жилой дом в сельской местности, имеющий размеры 20x5 м, несмотря на значительное соотношение размеров, следует считать компактным.

Площадные объекты имеют большие размеры. К ним относятся лесные массивы, рощи, луга, болота, населенные пункты, аэродромы и т.п.

В зависимости от состава и предназначения элементов объекты делятся на простые (одиночные) и сложные (групповые).

Простой объект, как правило, является частью сложного. Это отдельные элементы сложного объекта: постройки, сооружения, дерево, взлетно-посадочная полоса и т.д. Сложные объекты - это упорядоченные совокупности простых объектов, объединенные целевым назначением, например населенные пункты, предприятия, аэродромы и т.д.

Объекты по-разному отражают падающую на них солнечную радиацию. Это приводит к разделению объектов на три группы по контрасту: малоконтрастные (объекты местности), контрастные (населенные пункты, леса и т.п.) и высококонтрастные (дороги с искусственным покрытием, водные пространства и т.п.).

По продолжительности существования объекты могут быть разделены на динамичные и стационарные. К динамичным объектам относятся такие, которые меняют свои свойства или вообще пропадают в сравнительно короткие сроки - часы, сутки, недели. Стационарные объекты также меняют свои характеристики, но происходит это в течение сезона, нескольких лет и т.д.

Приведенная классификация объектов непосредственно связана с их демаскирующими признаками, которые подразделяются на прямые и косвенные.

5.2. Прямые демаскирующие признаки

Прямые демаскирующие признаки проявляются в таких свойствах объектов, которые непосредственно передаются и воспринимаются. К ним относятся: форма, размер, тон или цвет, структура (рисунок), текстура и тень (форма и величина) объектов.

Форма изображения объекта - это основной прямой признак, по которому устанавливается наличие объекта и его свойства. Различают геометрически определенную и неопределенную формы. Первая является демаскирующим признаком различного рода искусственных сооружений. Вторая характерна для многих природных объектов площадного типа (леса, луга и др.) и часто не может служить определенным демаскирующим признаком.

Размер изображения объекта - менее определенный, чем форма,

демаскирующий признак. Размер изображения объектов на снимке зависит от его масштаба. Действительную величину объекта можно определить путем сравнения распознаваемого объекта с размерами изображения известного объекта.

Тон изображения объекта - это степень почернения фотопленки в соответствующем месте изображения объекта, которая является логарифмической функцией яркости объекта. Различная интенсивность световых лучей, отражающихся от фотографируемых предметов и попадающих на светочувствительную пленку, приводит к различной степени почернения эмульсионного слоя. Тон изображения объекта обуславливается в основном:

- отражательной способностью предмета, при этом чем интенсивнее отражает предмет световые лучи, тем светлее получается его изображение на снимке, например, изображение свежего снега в 14 раз светлее, чем вспаханного мокрого чернозема;
- внешним строением поверхности предмета, т.е. чем ровнее поверхность, тем светлее она получается на снимке, например, грунтовая дорога, проложенная через вспаханное поле, получается значительно светлее пашни, несмотря на то, что цвет их в натуре почти одинаков;
- освещенностью предмета, т.е. чем больше освещен предмет, тем светлее его изображение на снимке; наибольшую освещенность имеет та часть предмета, на которую солнечный свет падает отвесно;
- светочувствительностью фотографической эмульсии, на различных сортах фотопленки один и тот же предмет изображается различным тоном;
- временем года, когда производится съемка - летом местность имеет большее разнообразие тонов, но на снимке тон одного объекта может быть похожим на тон другого; в переходные периоды (осенью или весной) снимки получаются пестрого, темного тона вследствие влажности земли.

Цвет изображения объектов при съемке с натуральной или условной цветопередачей отличается относительно большим постоянством, чем тона на черно-белых снимках. Очень важно, что различия в фактуре поверхности объектов и условия съемки вызывают преобразования не в цветах фотоизображения, а только в их насыщенности и яркости и то в незначительной степени. Цветовая тональность в изображении объектов на снимках во много раз больше, чем различных серых тонов. Однако при оценке цветов нет объективных стандартных критериев, поэтому используют специальные атласы, где основная характеристика цветов дается по цветному тону, а дополнительная - по насыщенности и светлоте цветов. Кроме того, к характеристике цвета добавляют и название предмета, имеющего характерную окраску.

Структура изображения это сложный демаскирующий признак, объединяющий все другие прямые признаки компактной группы однородных

и разнородных деталей изображения местности на снимке. При этом структура характеризуется и новыми свойствами, обусловленными повторяемостью, размещением и количеством этих непосредственно распознаваемых деталей. Признак структуры - наиболее устойчивый из прямых признаков, мало зависящий от условий съемки. При распознавании комплексных объектов, особенно на снимках относительно мелких масштабов, этот признак становится основным. Так, для изображения лесов типична зернистая структура, для сплошных кустарников - мелкозернистая. Геометрически правильную структуру изображения могут иметь объекты культурного ландшафта, например сады - редкозернистую в клетку, посадки технических культур - точечную линейную, населенные пункты - квартальную прямоугольную.

Изображение тени объектов на снимке является противоречивым демаскирующим признаком. Иногда только тень позволяет обнаружить объект или определить его характеристики, а иногда тень оказывает отрицательное влияние, закрывая объекты или их элементы.

Тени принято делить на собственные и падающие. Собственная тень - это тень, лежащая на самом объекте, т.е. его теневая сторона, не освещенная солнцем.

Собственные тени, которые образуются на поверхности объекта от отдельных его деталей, хорошо подчеркивают характерные объемные формы объекта и облегчают его распознавание.

Падающие тени - это тени, которые отбрасываются объектом на окружающий фон. Они позволяют выявить не только форму объектов, но и их размеры. При плановом воздушном наблюдении и фотосъемке изображения многих объектов могут быть одинаковы по форме и размерам, и только наличие падающих теней позволяет выявлять конструктивные особенности и назначение объектов (рис.10).

Поэтому одним из требований при осуществлении скрытия объектов от технических средств оптической разведки является устранение падающих теней или искажение их формы. И наоборот, макеты техники и ложные сооружения должны воспроизводить падающие тени имитируемых объектов. Тени искажаются при наличии неровностей, местных предметов, растительности на местности. При падении тени на скат тень укорачивается, а при падении тени на обратный скат - удлиняется. В течение дня тень перемещается, меняя интенсивность и длину. Чем ниже солнце, тем длиннее тень. С удлинением тень светлеет, а укорачиваясь - темнеет.

Зная длину тени и рельеф местности, можно вычислить высоту объекта. И, наоборот, по высоте объекта можно установить длину тени в различное время дня, что необходимо для правильного решения маскировки объекта.

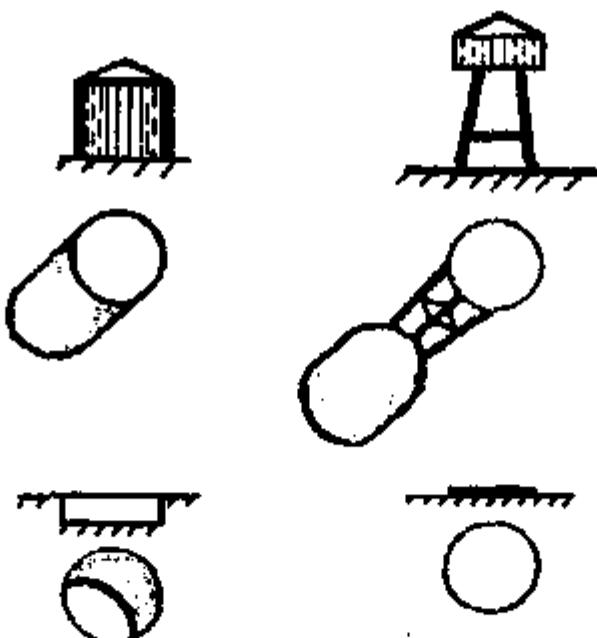


Рис. 10. Выявление формы и конструкции объектов по их падающим теням.

5.3. Определение высоты объектов по падающим теням

Наличие падающих теней позволяет определять высоту объектов[28]. Рассмотрим несколько случаев.

a) Падение тени на горизонтальную плоскость (рис. 11).

Высота объекта определяется по формуле

$$h_o = L \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (17)$$

где h_o - высота объекта;

α - угол наклона солнечных лучей к земной поверхности;

L - длина тени на плановом фотоснимке.

б) Падение тени на наклонную от объекта поверхность (рис.12).

высота тени определяется из выражения

$$h_o = h_2 - h_1 ; \quad h_2 = L \cdot \operatorname{tg} \alpha ; \quad h_1 = L \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (18)$$

следовательно:

$$h_o = L \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma) \quad (19)$$

в) Падение тени на наклонную к объекту поверхность (рис.13).

В этом случае

$$h_o = L \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \gamma) \quad (20)$$

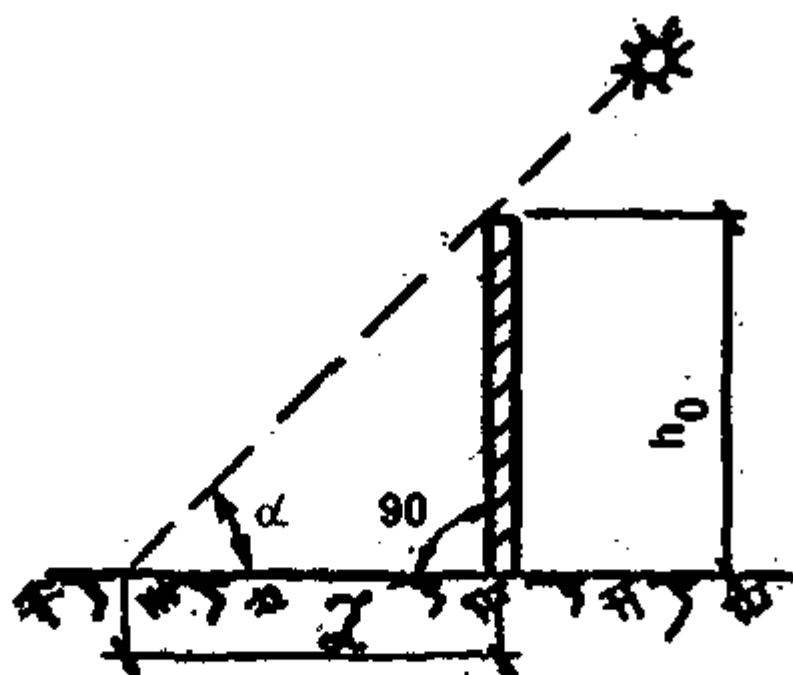


Рис. 11. Схема к определению высоты объекта по падающей тени на горизонтальную поверхность

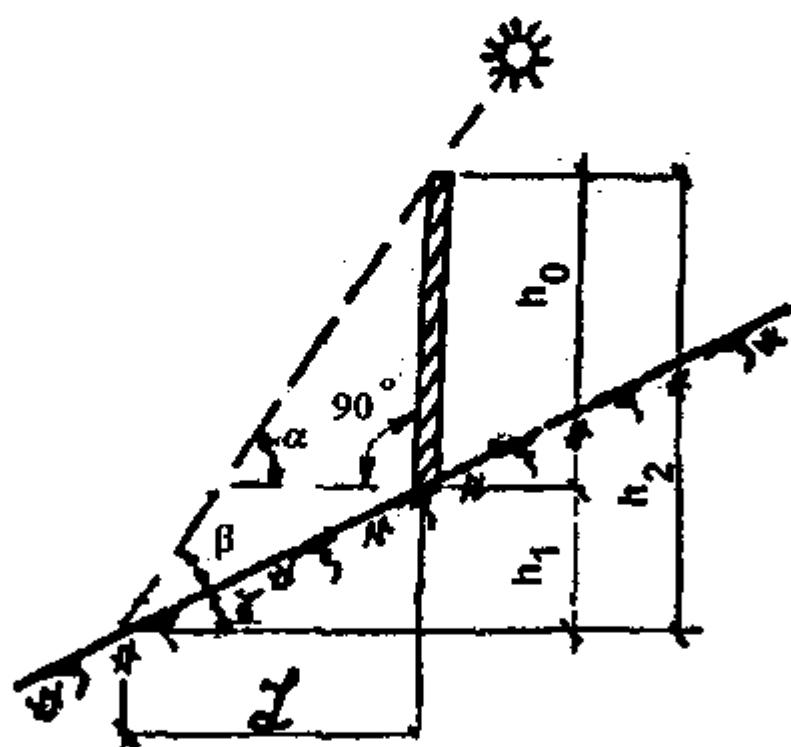


Рис. 12. Схема к определению высоты объекта по падающей тени на наклонную поверхность от объекта

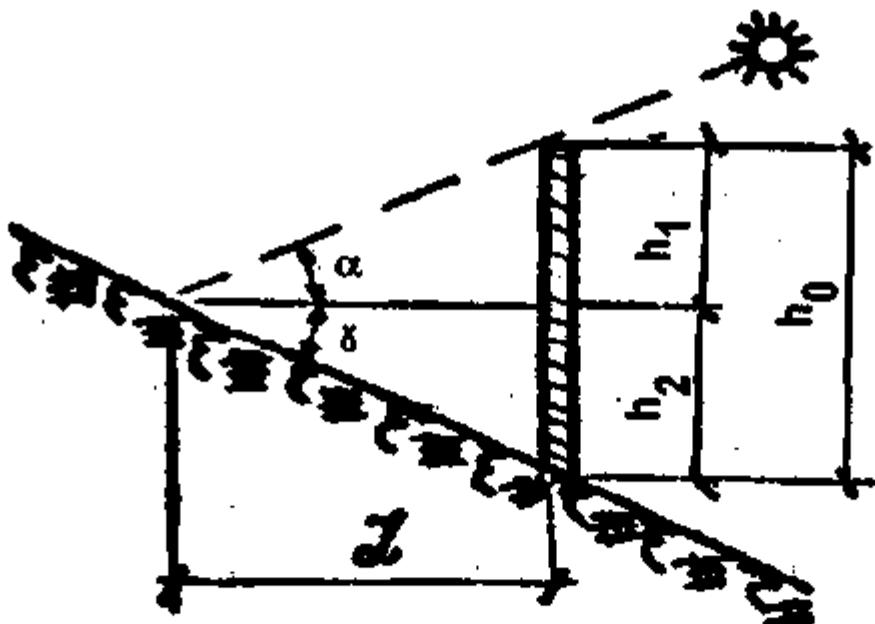


Рис. 13. Схема к определению высоты объекта по падающей тени на наклонную поверхность к объекту

Для маскировки тени, падающей от объекта, необходимо построить ее эпюру. Эпюра тени - фигура, образуемая перемещением падающей тени. Для построения эпюры тени от объекта необходимо иметь следующие исходные данные:

- угол падения солнечных лучей (высоту солнца над горизонтом);
- направление солнечного луча в плане (азимут).

Высота, время восхода и захода солнца для различных районов в зависимости от географической широты (ϕ°) определяются по специальным таблицам. Направление тени и длина ее для каждого направления определяются по специальным графикам.

5.4. Косвенные демаскирующие признаки

Косвенные демаскирующие признаки указывают на наличие или какую-то характеристику объекта, не изобразившегося на аэрофотоснимке или не определяемого по прямым признакам. Например, туннель распознается по разрыву фотоизображения железной дороги, пересекающей гору. Косвенные признаки позволяют также устранять неоднозначность и неопределенность прямых признаков.

Косвенные признаки основаны на возникших в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения отдельных природных объектов или комплексов природных объектов, а также на взаимосвязях между природными объектами и результатами деятельности человека. Эти закономерные взаимосвязи проявляются в двух основных направлениях: приуроченность одних объектов к другим, изменение свойств одних объектов в результате влияния на них других.

По приуроченности одних объектов к другим на снимках распознаются объекты, прямые признаки которых не позволяют распознать объект, так как они выражены недостаточно четко или в неполной мере. Например, в селах жилые постройки расположены ближе к улице, чем нежилые. Дороги или тропы, подходящие к реке и начинающиеся на другом берегу, позволяют судить о наличии парома или лодочного перевоза, или о наличии конного или пешего брода. Скопление судов у берегов говорит о наличии пристани, а по внешнему виду судов можно судить о типе пристани (товарная или пассажирская), глубине рек и т.д.

По изменениям в свойствах одних объектов в результате влияния на них других распознаются объекты, закрытые другими объектами; объекты, отсутствующие на поверхности земли и оказывающие влияние на свойства закрывающих их объектов. В результате прямые демаскирующие признаки последних меняются. Например, подземная осушительная сеть изменяет условия увлажнения почвы. Поэтому она изображается на фотоснимке более светлым тоном по сравнению с увлажненными участками, что позволяет выявить систему дренажной сети.

Кроме того, косвенным признаком являются следы деятельности или функционирования объектов. Это различные разработки, карьеры, гидроузлы и другие сооружения, а также последствия взрывов, выстрелов и т.д.

Важным косвенным признаком является повторяемость и характер размещения однородных объектов на снимке.

5.5. Специфические видовые демаскирующие признаки военно-промышленных объектов

Ряду военно-промышленных объектов присущи специфические видовые демаскирующие признаки, которые раскрывают их производственный профиль и могут быть выявлены с помощью средств оптического наблюдения и фоторазведки.

В частности, ракетостроительные предприятия имеют, как правило, крупноразмерные здания и сооружения. Отдельные корпуса цехов обладают характерной конфигурацией. На территории предприятия находятся специальные железнодорожные вагоны и платформы, контейнеры специфической формы.

Судостроительные заводы располагаются вблизи акваторий, имеют большие по площади и высоте заготовительные и сборочные цеха, эллинги и доки, корабли на заводских акваториях, а также достроенные набережные с характерным оборудованием.

Авиастроительные заводы имеют взлетно-посадочные полосы, крупноразмерные сборочные корпуса и ангары, открытые площадки с

летательными аппаратами. На заводской территории могут находиться средства обеспечения полетов и надстройки бортового оборудования.

Танковые заводы имеют погрузочно-разгрузочные эстакады, изготовленную технику со штатными средствами маскировки на железнодорожных платформах, транспортные трейлеры, испытательные площадки с трассами ходовых испытаний, расположенные на незначительном удалении от территории завода.

Заводы по производству твердых ракетных топлив и взрывчатых веществ имеют рассредоточенную планировку застройки территории, обвалованные здания основного производства и склады готовой продукции, стены для огневых испытаний, световые эффекты, сопровождающие испытания.

Потенциальная производственная мощность предприятия может быть определена по известным размерам производственных площадей, особенно сборочных и заготовительных цехов, по количеству изготовленной в течение определенного промежутка времени готовой продукции.

Важную информацию о военно-промышленном объекте несут подъездные автомобильные дороги и железнодорожные ветки, линии электропередачи, теплотрассы, погрузочно-разгрузочные площадки, места для уничтожения отходов производства и их длительного хранения, охранные заграждения и т.д.

Глава 6

Демаскирующие признаки некоторых объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра

6.1. Источники инфракрасного излучения

В качестве источника инфракрасного (ИК) излучения может рассматриваться любое тело (газообразное, жидкое, твердое) с температурой выше абсолютного нуля (-273°C). Все источники ИК излучения можно разделить на искусственные и естественные (рис. 14).

К искусственным источникам ИК излучения относятся: источники подсвета для активных ИК систем, военная техника и транспортные средства, промышленные источники ИК излучения.

К естественным источникам относятся: наземные (почва, вода, растительности т.д.), атмосферные (пары воды, атмосферные газы, облака и т.д.), космические (Солнце, Луна, звезды и т.д.).

При обнаружении объектов по их ИК излучению естественные источники, создавая так называемое фоновое излучение, ограничивают возможность обнаружения и распознавания объектов.

Обнаружение объектов в ИК диапазоне электромагнитного спектра осуществляется, как правило, методом амплитудной селекции. В соответствии с этим методом объект обнаруживается, если сигнал от него больше или меньше определенного уровня фонового сигнала, называемого порогом.

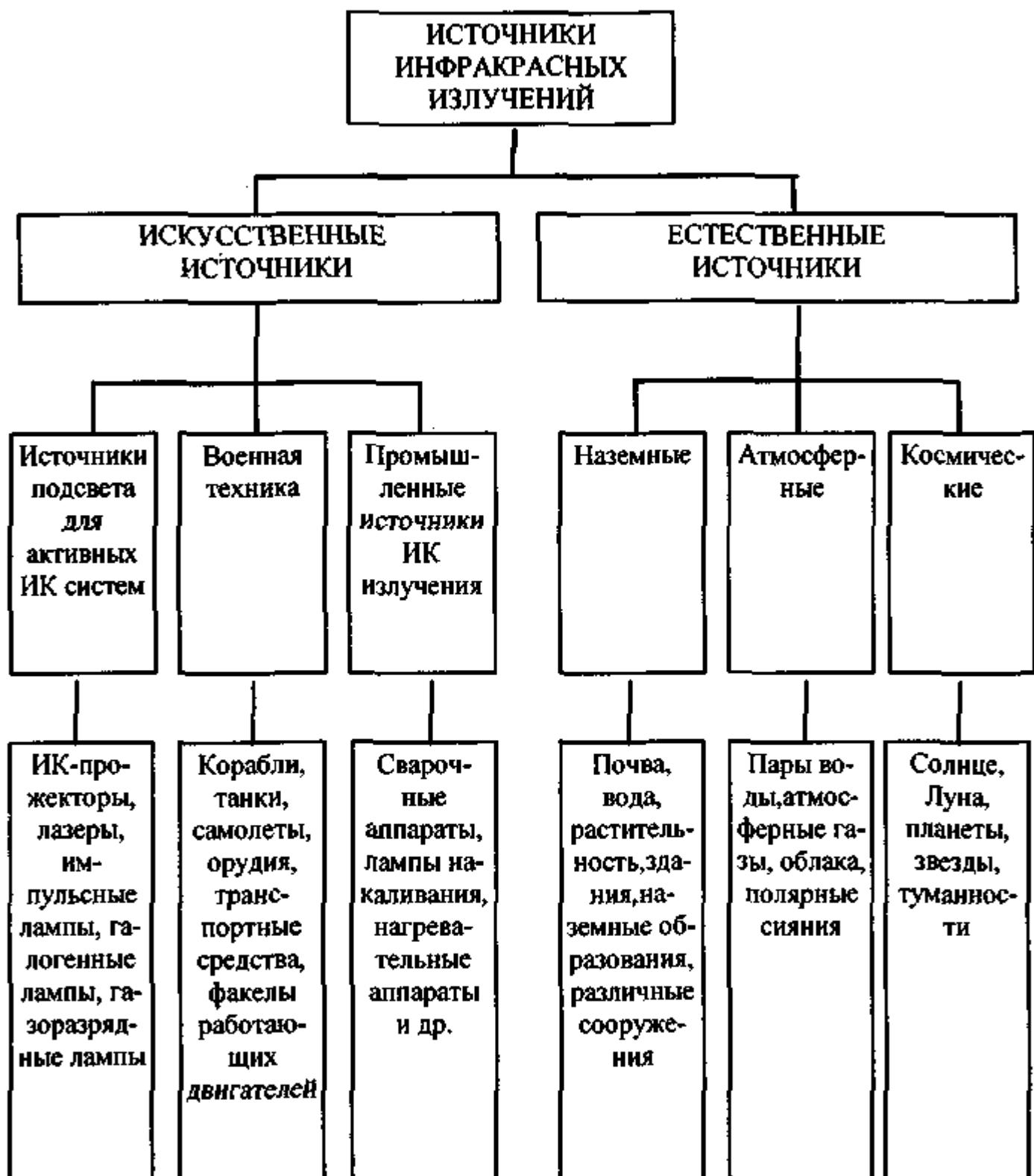


Рис. 14. Источники инфракрасного излучения

С точки зрения теории обнаружения амплитудная селекция является характерным воплощением простейшего метода разделения всех рассматриваемых объектов на два противоречащих друг другу видовых понятий, одно из которых представляет собой отрицание другого (метод дихотомии).

В ИК системах дихотомия означает различие двух взаимоисключающих понятия: "фон" и "не фон". Следовательно, основным демаскирующим признаком в этом случае является ИК излучения объекта и его изменение во времени.

6.2. Характеристики инфракрасного излучения объектов

Рассмотрим некоторые характеристики ИК излучения, влияющие на вероятность обнаружения и распознавания объектов. Излучение как объектов, так и фонов в ряде случаев определяется одними и теми же физическими закономерностями.

Суммарное излучение любого ИК источника обуславливается двумя составляющими - собственным тепловым излучением и отраженным излучением Солнца, Земли, Луны, звезд и окружающих предметов.

6.2.1. Собственное тепловое излучение нагретых тел

Фундаментальным понятием при рассмотрении собственного ИК излучения является понятие об абсолютно черном теле. Абсолютно черным телом называется тело, поглощающее все падающие на него излучения на любых длинах волн. Для абсолютно черных тел распределение интенсивности излучения по спектру определяется законом Планка.

$$B_{\lambda}^{\circ} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} \quad (21)$$

где: B_{λ}° - спектральная яркость излучения при температуре $T^{\circ}\text{K}$, $\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{мкм}^{-1}$;

λ - длина волны, мкм;

C_1, C_2 - постоянные коэффициенты:

$$C_1 = 1.19 \cdot 10^4 \text{ Вт} \cdot \text{мкм}^{-4} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$$

$$C_2 = 1.44 \cdot 10^4 \text{ мкм} \cdot \text{град}$$

Зависимость спектральной яркости излучения от длины волны представляет собой плавную кривую (рис.15), максимум которой соответствует длине волны λ_{\max} , определяемой по закону Вина:

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T} \text{ мкм},$$

где T - абсолютная температура тела, $^{\circ}\text{К}$.

Максимальное значение величины спектральной яркости абсолютно черного тела не зависит от угла визирования на излучающую поверхность и определяется соотношением:

$$B_{\lambda_{\max}} = 1.29 \cdot 10^{-15} \cdot T^5 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мкм}^{-1} \quad (22)$$

Интегральная плотность излучения абсолютно черного тела определяется законом Стефана-Больцмана:

$$E_n = \sigma \cdot T^4, \quad (23)$$

где $\sigma = 5.672 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{град}^{-4}$

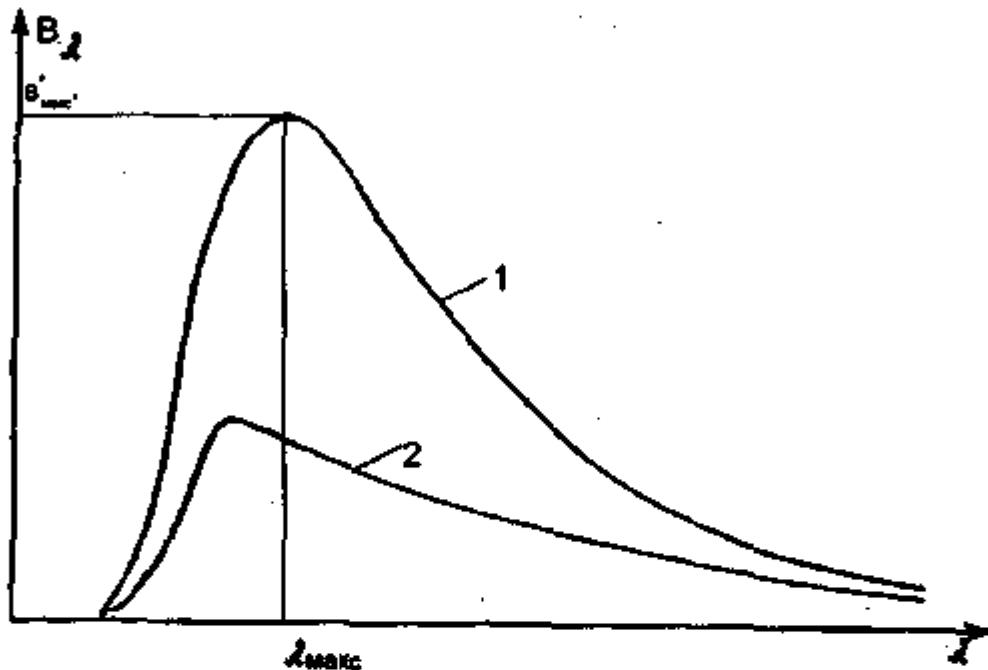


Рис. 15. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного (1) и реального (2) тел

Входом в таблицу является величина $X = \lambda / \lambda_{\max}$

Таблица 1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.30	0.004	0.80	0.877	1.50	0.710	3.00	0.130
0.35	0.019	0.85	0.934	1.60	0.638	3.50	0.087
0.40	0.053	0.90	0.972	1.70	0.571	4.00	0.056
0.45	0.124	0.95	0.993	1.80	0.510	4.50	0.038
0.50	0.222	1.00	1.000	1.90	0.454	5.00	0.027
0.55	0.349	1.05	0.994	2.00	0.405	6.00	0.014
0.60	0.466	1.10	0.979	2.20	0.323	7.00	0.008
0.65	0.591	1.20	0.928	2.40	0.258	8.00	0.005
0.70	0.704	1.30	0.868	2.60	0.208	9.00	0.003
0.75	0.801	1.40	0.785	2.80	0.169	10.00	0.002

Для длин волн λ , отличных от λ_{\max} , величина спектральной яркости излучения абсолютно черного тела может быть определена путем умножения значений $B_{\lambda \max}$, найденных по формуле (22), на величину Y . Значение $Y=Y(X)$ приведены в таблице 1. [7]

Реальные объекты всегда излучают меньше энергии, чем абсолютно черное тело при той же температуре (рис.15). Спектральную яркость излучения реальных объектов находят по формуле

$$B_{\lambda} = \epsilon_{\lambda} \cdot B_{\lambda}^{\circ} \quad (24)$$

где ϵ_{λ} - коэффициент излучения поверхности объекта или степень ее черноты.

Степень черноты является функцией длины волны и температуры. Обычно зависимость от температуры выражена слабее, чем от длины волны. С увеличением длины волны металлы, как правило, излучают хуже, а диэлектрики лучше. Окисленные и шероховатые поверхности металлов излучают в 3-4 раза больше, чем чистая поверхность. Зависимость коэффициента излучений некоторых материалов от длины волны показана на рис.16.

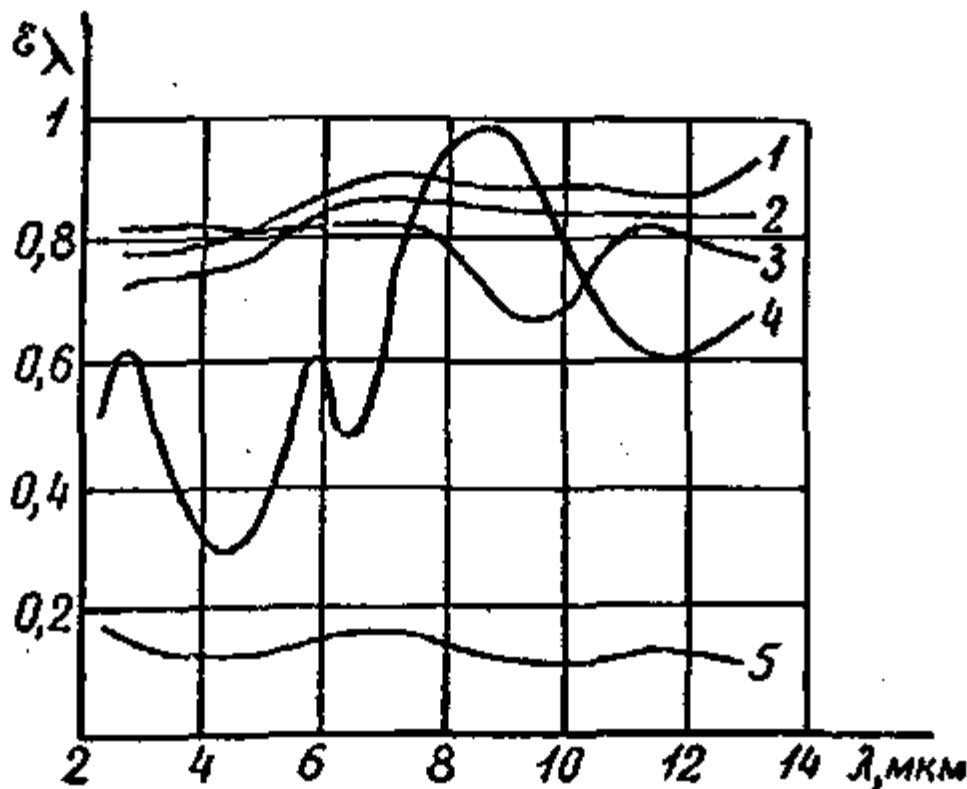


Рис. 16. Зависимость коэффициента излучения материалов от длины волны:
1 - глина; 2 - суглинок; 3 - мелкая галька; 4 - окрашенный пентафталевым лаком дюраль; 5 - полированный дюраль

Излучение газов отличается от излучения твердых тел. Одноатомные и двухатомные газы практически диатермичны, то есть они не испускают ИК излучение. Трехатомные газы, к которым относятся все продукты сгорания и

выхлопные газы, излучают энергию лишь в определенных узких полосах спектра, приходящихся в большинстве случаев на полосы поглощения атмосферы. Поэтому излучение продуктов полного сгорания не улавливается приемниками ИК средств разведки. Излучение газов становится заметным, когда в них содержатся раскаленные несгоревшие частицы топлива. Средние значения коэффициентов теплового излучения "ε" некоторых объектов приведены ниже:

Выхлопные трубы и отверстия	0,7 - 0,8
Капоты двигателей	0,2 - 0,45
Выхлопные газы	0,1 и меньше
Здания, сооружения	0,5 - 0,6

6.2.2. Отраженное объектами ИК излучение

При анализе отраженного объектами ИК излучения Солнца, Луны, звезд и окружающих предметов необходимо иметь в виду, что основная часть этого излучения приходится на Солнце.

Таблица 2

Длина волны, мкм	Спектральная солнечная постоянная	Длина волны, мкм	Спектральная солнечная постоянная	Длина волны, мкм	Спектральная солнечная постоянная			
	Вт·см ⁻² ·мкм ⁻¹	P _λ %		Вт·см ⁻² ·мкм ⁻¹	P _λ %		Вт·см ⁻² ·мкм ⁻¹	P _λ %
0.75	0.12700	53.70	2.1	0.00917	94.58	3.7	0.00125	98.83
0.80	0.11270	57.90	2.2	0.00785	95.20	3.8	0.00114	98.91
0.85	0.10030	61.70	2.3	0.00676	95.71	3.9	0.00103	98.99
0.90	0.08950	65.10	2.4	0.00585	96.18	4.0	0.00095	99.05
0.95	0.08030	68.10	2.5	0.00509	96.57	4.1	0.00087	99.13
1.00	0.07250	70.90	2.6	0.00445	96.90	4.2	0.00080	99.18
1.10	0.08060	75.70	2.7	0.00390	97.21	4.3	0.00073	99.23
1.20	0.05010	79.60	2.8	0.00303	97.47	4.4	0.00067	99.29
1.30	0.04060	82.90	2.9	0.00303	97.72	4.5	0.00061	99.63
1.40	0.03280	85.50	3.0	0.00268	97.90	4.6	0.00056	99.38
1.50	0.02670	87.60	3.1	0.00230	98.08	4.7	0.00051	99.41
1.60	0.02200	89.40	3.2	0.00214	98.24	4.8	0.00048	99.45
1.70	0.01820	90.83	3.3	0.00191	98.39	4.9	0.00044	99.48
1.80	0.01520	92.03	3.4	0.00171	98.52	5.0	0.00042	99.51
1.90	0.01274	93.02	3.5	0.00153	98.63	6.0	0.00021	99.74
2.00	0.01079	93.87	3.6	0.00139	98.74	7.0	0.00012	99.86

Для расчета излучения Солнца, отраженного от поверхности объекта, необходимо учитывать величину спектральной солнечной постоянной H_{λ} (энергия, падающая на единицу площади, перпендикулярной

к солнечным лучам), ослабление солнечного излучения атмосферой Земли и отражательную способность поверхности объекта.

Для ИК диапазона величина H_λ за пределами атмосферы приведена в таблице 2 [1].

Величина P_λ , приведенная в таблице, вычисляется по формуле

$$P_\lambda = \int_0^\lambda H_\lambda \cdot d\lambda / \int_0^\infty H_\lambda \cdot d\lambda \quad (25)$$

Максимум солнечного излучения, определяющий отраженную составляющую, соответствует длинам волн короче 0,75 мкм, а 98% всей энергии излучения Солнца приходится на участок спектра до 3 мкм. Часто эту длину волны считают граничной, разделяющей отраженную (солнечную) и собственную составляющие ИК излучения объектов. Следовательно, можно принять, что в ближней части ИК спектра (до 3 мкм) определяющей является отраженная составляющая и распределение лучистости по объектам зависит от распределения коэффициента отражения и облученности. Для дальней части ИК спектра определяющим является собственное излучение объектов, а распределение лучистости по их площади зависит от распределения коэффициентов излучения и температуры.

Если же разведка ведется в средневолновой части ИК спектра, то необходимо учитывать все четыре параметра, характеризующие собственное излучение объекта и отраженную составляющую излучения Солнца, Луны, звезд.

При этом в дневных условиях, когда велика солнечная облученность, доля собственного излучения становится пренебрежительно малой (если не считать случаев высоких температур, например, у открытого пламени). Вочных же условиях преобладает собственное излучение объектов. Указанные обстоятельства необходимо учитывать при разработке мер и способов защиты от ИК средств разведки.

6.2.3. Ослабление инфракрасного излучения в атмосфере

При ведении ИК разведки, а также при осуществлении мероприятий по защите объектов от ИКСР важное значение имеет учет ослабления собственного или отраженного ИК излучения в атмосфере.

Ослабление ИК излучения в атмосфере определяется полосами поглощения водяных паров и газовых составляющих, главным образом углекислого газа и озона, а также явлениями рассеивания излучения.

На рис.17а показано спектральное пропускание слоя атмосферы толщиной 1,6 км, на рис.17б - поглощение ИК излучения двуокисью

углерода, на рис.17в - поглощение озоном и на рис.17г - поглощение влагой. Из представленных рисунков можно установить "окна прозрачности" в атмосфере и участки спектра, в которых ведение ИК разведки практически невозможно. Окна прозрачности в атмосфере соответствуют длинам волн: 1,1-1,3; 1,5-1,8; 2,1-2,4; 3,3-4,2; 4,5-5,1 и 7,5-14 мкм.

Полосы поглощения углекислого газа приходятся на длины волн 2,7 и 4,3 мкм, а озона - на участок 9,4-9,9 мкм. В полосах поглощения атмосферы скрытие ИК излучений от средств разведки не обязательно.

Ослабление ИК излучения в атмосфере вследствие рассеяния может быть выражено степенным законом [8]

$$P_1 = P_0 \cdot \exp(-\beta \cdot x) \quad (26)$$

где P_1 - поток излучения, прошедший слой рассеивающей среды;

P_0 - падающий на рассеивающий слой поток излучения;

β - коэффициент рассеивания;

x - толщина рассеивающего слоя.

Коэффициент β для случая рассеяния излучения скоплением молекул газа вычисляется по формуле, выведенной Релеем

$$\beta = \frac{a}{N \cdot \lambda^4} (n-1)^2 \quad (27)$$

где

$$a = \frac{16 \cdot \pi^3 \cdot V}{3}$$

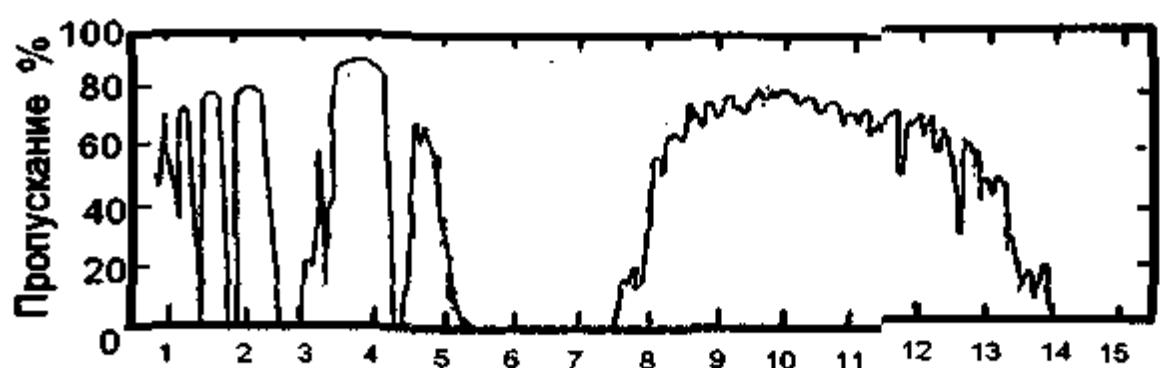
V - объем газа, м³;

λ - длина волны;

n - показатель преломления газа;

N - число молекул в единице объема газа.

Формула Релея справедлива лишь для среды, рассеивающие элементы которой малы по сравнению с длиной волны падающего излучения. По мере увеличения размеров рассеивающих частиц возрастает интенсивность излучения, рассеянного вперед по направлению распространения исходного лучистого потока.



а



б



в



г

Рис. 17. а - пропускание слоя атмосферы толщиной 1.6 км; б - поглощение двуокисью углерода; в - поглощение озоном; г - поглощение влагой

В таблице 3 приведены коэффициенты рассеяния атмосферой видимого света для относительно больших рассеивающих частиц.

Таблица 3

Дневная дальность видимости, м	Состояние атмосферы	Коэффициент рассеяния атмосферы β , на км
<50	Очень плотный туман	85.6
50	Плотный туман	85.6
200	Средний туман	21.4
500	Легкий туман	8.54
1000	Дымка	2.14
4000	Легкая дымка	1.07
10000	Ясно	0.427
20000	Очень ясно	0.214
>50000	Исключительно ясно	0.0713

При приближенных расчетах можно пользоваться данными, приведенными в таблице 3, и для ИК части спектра. В этом случае необходимо пересчитать приведенные в таблице значения β в соответствии с выбранной длиной волны, используя соотношение

$$\beta_\lambda / \beta = (0.55/\lambda)^4 \quad (28)$$

В этой формуле λ выражается в микрометрах, а при использовании данных таблицы 3 дальность необходимо выражать в километрах.

Отражательная способность поверхности объекта определяется коэффициентом яркости. Коэффициент яркости поверхности объекта в данном направлении и при данных условиях освещения есть отношение яркости этой поверхности к яркости идеального рассеивателя, находящегося при тех же условиях освещения. Под идеальным рассеивателем подразумевается ортотропная поверхность, полностью отражающая по закону Ламберта весь падающий на нее лучистый поток. Коэффициент яркости не следует смешивать с коэффициентом отражения, который является отношением полного потока, отраженного во всех направлениях данной поверхностью к полному потоку, упавшему на поверхность. Коэффициент яркости для диффузно-зеркальной поверхности зависит не только от угла визирования на излучающую поверхность, но и от направления падающего на поверхность потока.

6.2.4. Физические особенности ИК излучения фонов

Обнаружение и распознавание любых объектов с помощью ИК средств разведки всегда происходит на фоне излучений естественных образований, которые создают помехи и ограничивают в большей или меньшей степени дальность действия ИК средств. В связи с этим рассмотрим

некоторые физические особенности ИК излучений различных фоновых образований.

Как отмечалось ранее, ИК излучение имеет две составляющие: собственное тепловое излучение и отраженное (рассеянное) излучение Солнца и других внешних источников. Каждая из этих составляющих излучения для фоновых образований в определенных условиях и на определенных длинах волн может превалировать одна над другой.

Экспериментально установлено, что в диапазоне длин волн короче 3 мкм доминирует отраженное и рассеянное солнечное излучение. В этом диапазоне длин волн, как правило, можно пренебречь собственным тепловым излучением фонов. Наоборот, в диапазоне длин волн более 4 мкм преобладает собственное тепловое излучение фонов и можно пренебречь отраженным (рассеянным) солнечным излучением. Диапазон длин волн 3-4 мкм является как бы переходным. В этом диапазоне наблюдается ярко выраженный минимум яркости фоновых образований.

О характере спектральной яркости некоторых наземных фоновых образований в ИК части спектра можно судить по кривым, приведенным на рис.18 [2], на котором представлена зависимость спектральной лучистости типичных земных фонов (снег, почва, песок, трава) от длины волны при наблюдении днем.

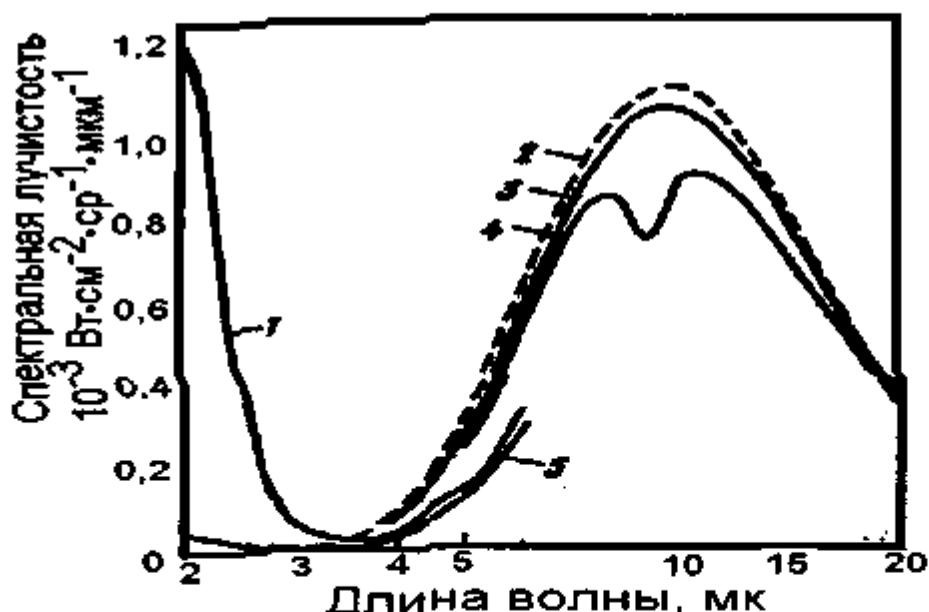


Рис. 18. Спектральная лучистость типичных земных фонов при наблюдении днем: 1 - снег; 2 - черное тело 35°C ; 3 - почва 32°C ; 4 - белый песок; 5 - трава

Облачные образования являются весьма интенсивными источниками инфракрасного излучения, отраженного от их поверхности. Именно они создают многочисленные помехи инфракрасным сканирующим системам разведки. Различают облака трех фазовых составов: водные, смешанные и чисто кристаллические (верхний ярус). Водность облака зависит от ряда

причин и уменьшается с понижением температуры [3]. Так, например, для слоистых, слоисто-кучевых и высокослоистых облаков водность колеблется в пределах 0,09-0,35 г/м³ и сильно изменяется во времени в пределах облака. Радиус капель, образующих облако, обычно не превышает 45-50 мкм. Средний радиус 4-11 мкм, а число капель в 1 см³ составляет от 100 до 700. Микроструктура и водность облаков определяют их оптические свойства.

В ИК спектральном диапазоне происходит рассеяние солнечного излучения и поглощение его в каплях воды, а также поглощение в полосах водяного пара.

Яркость облака меняется в зависимости от длины волны (рис.19).

Вариации яркости облаков в диапазоне менее 3 мкм при изменении характера облачности весьма значительны. Например, при длине волны около 2 мкм величины спектральной яркости облаков могут изменяться более чем на два порядка. При длине волны более 3 мкм в случае изменения характера облачности вариации яркости не превышают 50%.

На рис. 20 приведено изменение альбедо (отношение количества отраженной облаком лучистой энергии по всем направлениям к лучистой энергии, упавшей на облако) облаков разных типов в зависимости от их толщины. Наибольшее альбедо у высококучевых облаков, что объясняется наличием большого количества ледяных кристалликов в облаках, сильно

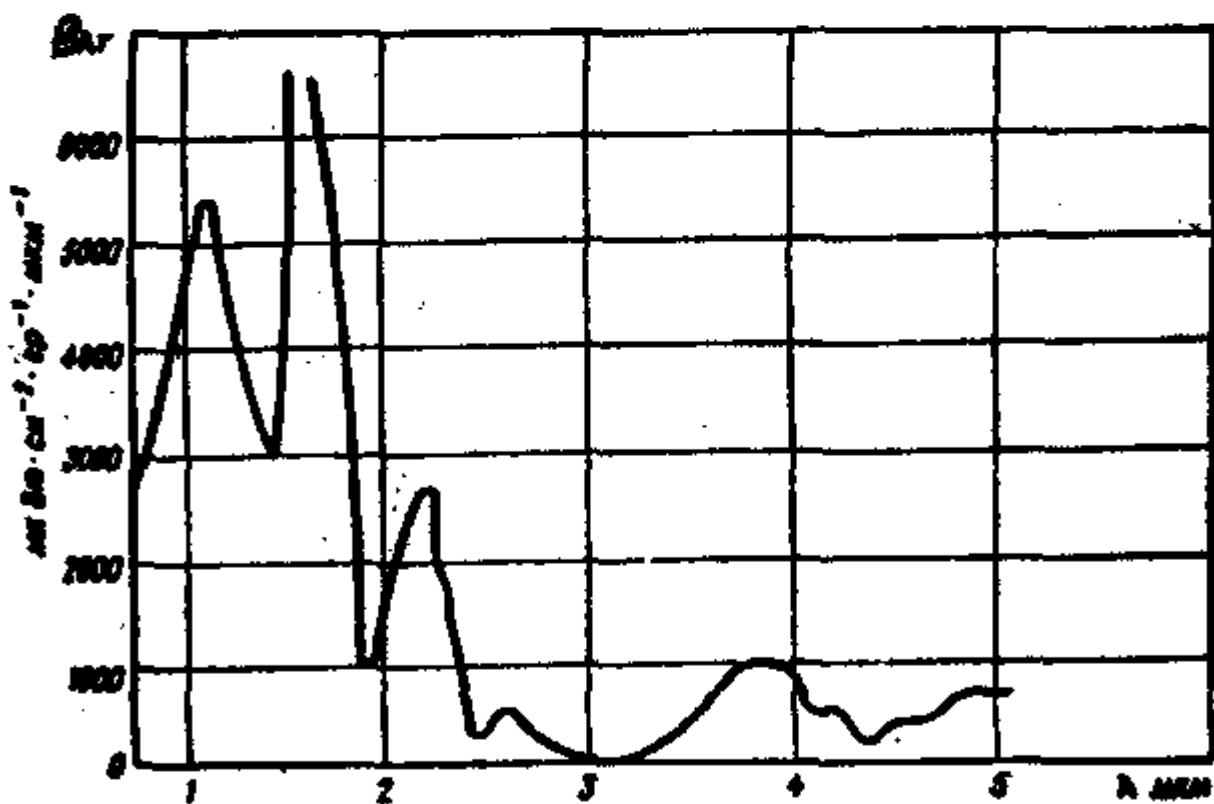


Рис. 19. Спектральная плотность отраженной облаками солнечной энергии в инфракрасной области

рассеивающих падающую энергию в обратном направлении. Представленные данные соответствуют видимой и ближней ИК области спектра [4].

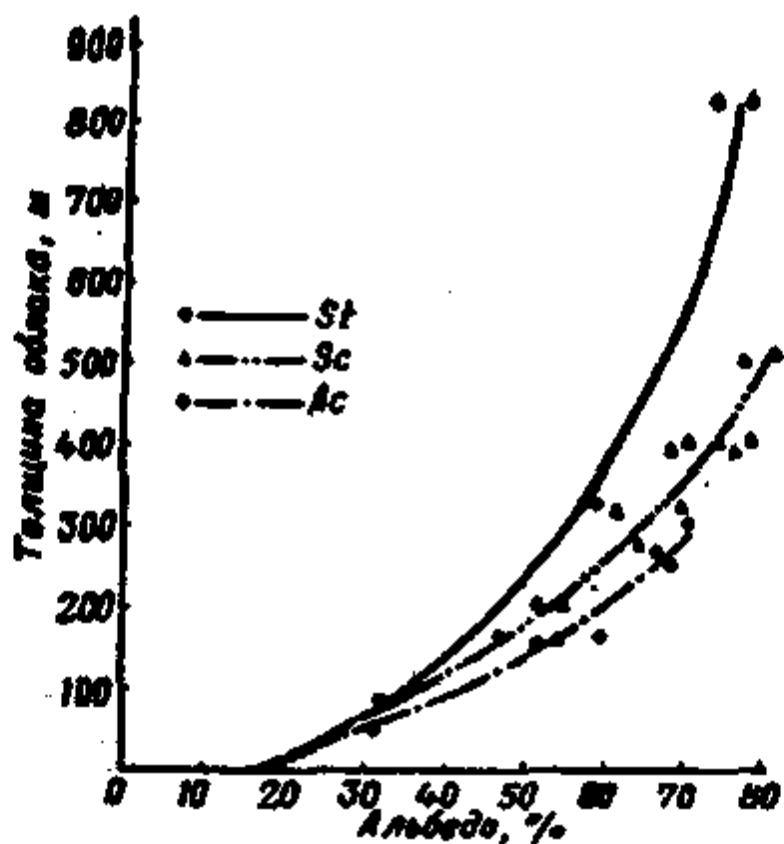


Рис. 20. Изменение альбето облаков разных типов с толщиной: St - слоистые; Sc - слоисто - кучевые; Ac - высококучевые

В таблице 4 приводятся результаты расчетов спектральных альбето для ближнего ИК участка спектра, полученные для тонкого ($H=0,25$ км) и толстого ($H=1$ км) облаков с верхней границей на уровне 2 км при средней температуре облака 0°C и средней водности $0,2 \text{ г}/\text{м}^3$ [4].

Таблица 4

Спектральный диапазон, мкм	$H=0,25$ км				$H=1$ км			
	$K=30^{\circ}$		$K=60^{\circ}$		$K=30^{\circ}$		$K=60^{\circ}$	
	A%	P%	A%	P%	A%	P%	A%	P%
0.700-0.740	33	63	50	48	67	21	78	15
0.740-0.790	32	61	53	42	65	19	76	10
0.790-0.840	33	62	50	48	65	21	77	15
0.860-0.915	32	58	50	48	67	22	78	14
0.915-0.935	33	56	54	28	64	20	75	14
0.935-0.990	33	61	50	47	67	21	76	15
1.030-1.230	32	56	50	48	64	19	75	13
1.230-1.240	32	55	49	47	64	20	72	12
1.240-1.530	24	50	42	40	48	11	55	6
1.530-2.190	24	37	37	36	41	7	45	2

A - спектральное альбето, % ; P - относительное пропускание, %

K - зенитное расстояние Солнца - угловое расстояние от зенита

Из таблицы 4 видно, что альбедо облаков в инфракрасной области спектра возрастает с увеличением оптической толщины облаков и зенитного расстояния Солнца. Тонкое облако пропускает больше радиации, чем поглощает. Но при зенитном расстоянии порядка 60° даже тонкое облако отражает больше, чем пропускает.

Центры полос поглощения в спектрах солнечной радиации, отраженной от кучевых и перистых облаков, соответствующих линиям поглощения водяных паров 1,38 и 1,86 мкм, сдвинуты в область более длинных волн 1,45 и 1,94 мкм для капельно-жидкой фазы в случае кучевых облаков и соответственно 1,5 и 2,0 мкм для твердой фазы в случае перистых облаков.

Спектральная яркость ясного неба в инфракрасном диапазоне спектра более 3 мкм является функцией температуры воздуха, угла от горизонта и содержания в атмосфере паров воды и озона. [8]

Окружающая температура сильно влияет на величину спектральной яркости. В центре полос поглощения паров воды и озона яркость неба практически равна яркости черного тела при температуре нижних слоев атмосферы. По мере удаления от центров полос поглощения яркость спадает, потому что излучение идет от более далеких и более холодных слоев атмосферы. В области длин волн более 4 мкм вариации яркости ясного неба при различных азимутальных углах невелики. Максимальные отклонения порядка 15% наблюдаются только при малых углах возвышения.

Искусственные объекты при теоретических расчетах обычно рассматриваются как тела с серым излучением. В этом случае их интегральная излучательная способность подсчитывается по формуле

$$E_i = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (29)$$

где: ϵ - коэффициент излучательной способности материала, из которого сделан корпус объекта.

Как видно из формулы (29), интенсивность излучения зависит от температуры в четвертой степени. Поэтому незначительное возрастание температуры вызывает сильное увеличение интенсивности излучения.

Рассмотрим некоторые объекты с точки зрения излучаемой ими ИК энергии, особенностей их излучения и возможности их демаскирования подобными излучениями.

6.3. Демаскирующие признаки некоторых объектов в инфракрасном диапазоне

6.3.1. Инфракрасное излучение баллистических ракет и космических объектов

Основными источниками ИК излучения баллистических ракет (БР) являются корпус ракеты и факел маршевого двигателя. БР летящие с большими скоростями на высотах до несколько сотен километров имеют довольно высокую температуру корпуса и поэтому представляют собой мощные источники ИК излучения. Температура корпуса БР зависит в основном от радиации Солнца и аэродинамического нагрева в атмосфере. При полете БР вне земной атмосферы основной причиной нагрева ее корпуса является солнечная радиация. При полетах в пределах земной атмосферы температура ракеты повышается за счет аэродинамического нагрева. Зависимость температуры нагрева БР от высоты полета приведена на рис 21. [7]

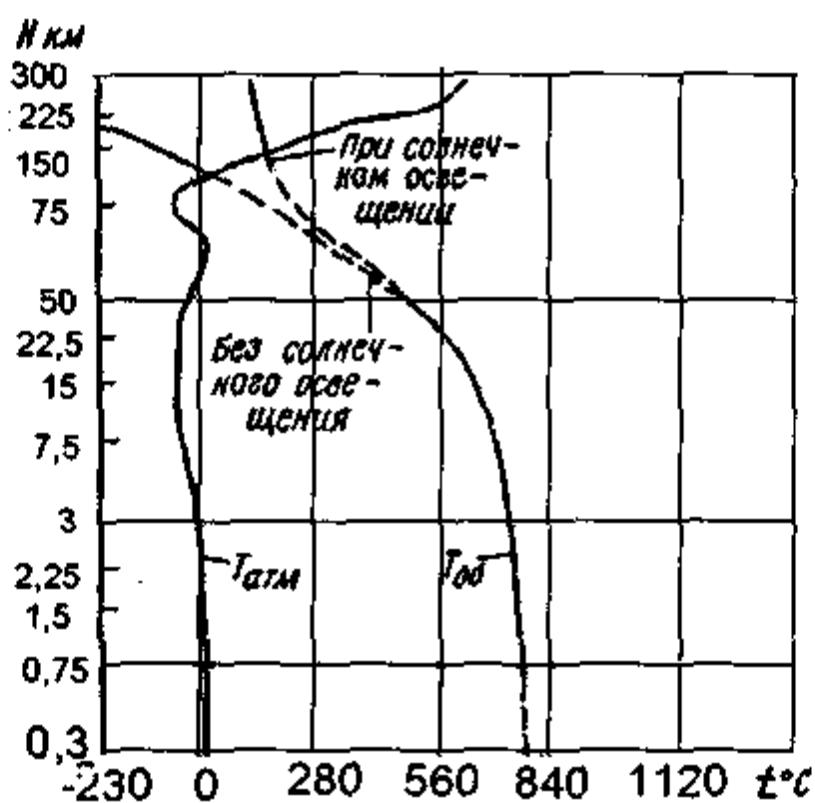


Рис. 21. Зависимость температуры аэродинамического нагрева летательного аппарата от высоты при скорости 5,5 км/с

В плотных слоях атмосферы на высотах до 60 - 80 км решающим фактором нагрева обшивки БР является аэродинамическое сопротивление встречного воздушного потока. Так, головной конус американской БР "Юпитер" разогревался при вхождении в плотные слои атмосферы до белого

каления и был хорошо виден невооруженным глазом. Это свечение является результатом не только разогревания самой головной части ракеты, но и ионизации высокотемпературного фронта ударной волны, создаваемой головным конусом при входе в плотные слои атмосферы.

Скорости и температуры типовых летательных аппаратов при полете в плотных слоях атмосферы ($H=30.5\text{ км}$) приведены в таблице 5.

На рис. 22. приведены спектральные плотности излучения абсолютно черного тела при температурах, соответствующих приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Тип летательного аппарата	Скорость м/с	Температура °К
Ракета с дальностью 1600 км	3500	3700
Ракета с дальностью 8000 км	6700	7400
Спутник с высотой орбиты 480 км	7600	8900

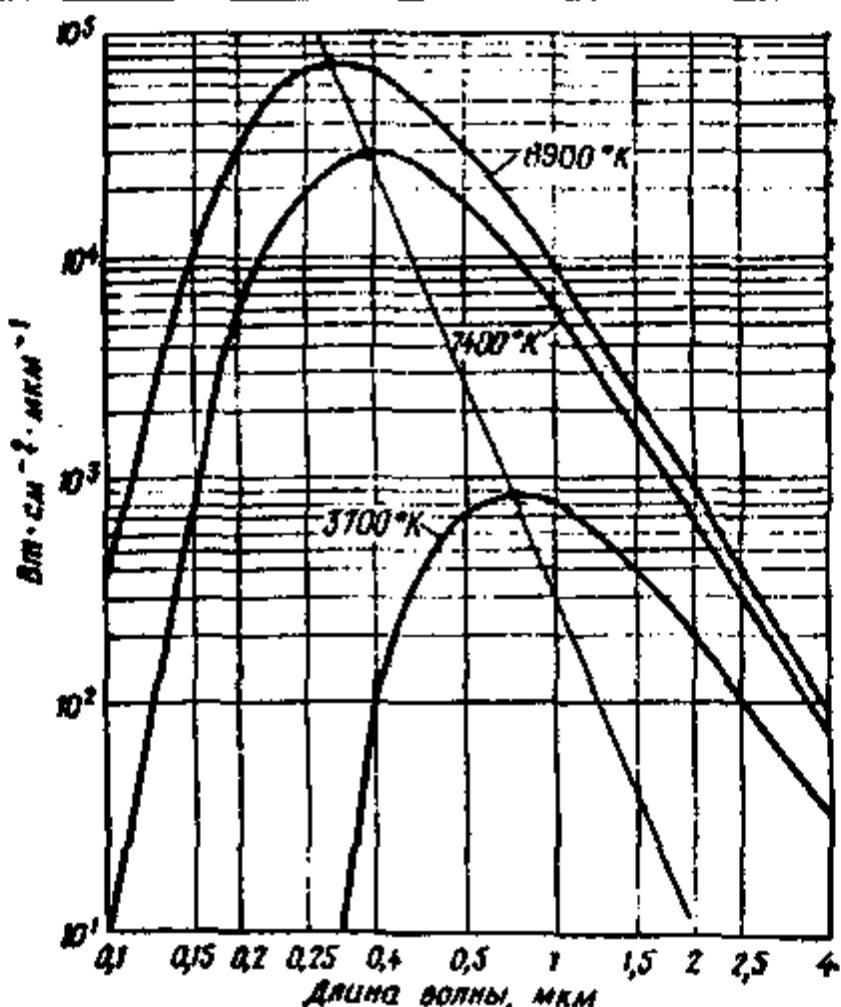


Рис. 22. Спектральные плотности излучения абсолютно черного тела при температурах 3700, 7400, 8900 °К

БР могут быть также легко обнаружены на активном участке траектории полета по факелу маршевого двигателя, который является источником мощного инфракрасного излучения. Факел двигателей БР представляет собой поток горящих газов, несущих взвешенные твердые частицы золы и сажи, которые образуются при горении ракетного топлива.

Температура некоторых зон факела превышает 2000°К. Газовый состав факела и характеристики его излучения зависят от вида используемого топлива. В большинстве случаев в состав факела входят: водяной пар и углекислый газ.

Так, например, двигатель J-2, который устанавливался на американской ракете "Сатурн-5", работает на топливе: жидкий кислород и жидкий водород. Поэтому его факел состоит в основном из раскаленного водяного пара, излучающего как в видимой, так и в инфракрасной области спектра. Твердотопливные двигатели, используемые в США на ряде ракет, имеют факел, состоящий в основном из углекислого газа, водяного пара, окиси углерода и твердых частиц алюминия и углерода, нагретых до высоких температур.

В спектре факелов ракет можно наблюдать набор разных линий излучения водяного пара, углекислого газа и окиси углерода, а также непрерывного фона, образуемого излучением нагретых частиц. Факел - это сложная газодинамическая структура, которая имеет меняющиеся от точки к точке термодинамические параметры: давление, температуру, плотность. Рассчитать излучение факела можно с достаточной точностью в том случае, если известны поля температур, а также спектральные коэффициенты пропускания или поглощения.

По изменению параметров ИК излучения в моменты отделения отработавших ступеней и начала работы следующих ступеней можно определять время работы ступеней двигателя, количество ступеней и некоторые их параметры.

В результате запусков искусственных спутников Земли накопился обширный статистический материал о температуре нагрева их оболочки, по которой можно судить об их инфракрасном излучении.

В тепловом отношении искусственный спутник Земли является телом, находящимся в лучистом теплообмене с окружающим пространством. Его поверхность нагревается за счет излучения Солнца, отраженной энергии от поверхности Земли, собственного теплового излучения Земли, внутренних источников тепловой энергии на самом искусственном спутнике [30].

За пределами атмосферы удельный тепловой поток прямой солнечной радиации может быть определен по формуле

$$q_{\text{солн}} = \sigma T_c^4 (R_c / r^*)^2 \text{Вт/м}^2,$$

где: $T_c = 5755^\circ\text{K}$ - температура поверхности Солнца;
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \text{град}^4$ - постоянная Стефана-Больцмана;
 $R_c = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$ - радиус Солнца;
 r^* - расстояние от Солнца до ИСЗ.

Искусственные спутники Земли нагреваются в течение всего времени, пока они облучаются Солнцем. В зависимости от ориентации в пространстве и высоты орбиты это время может составлять от 65 до 100%. Количество тепла, поступающего к спутнику за счет солнечного излучения, зависит как от коэффициента поглощения солнечной радиации A_s , так и от коэффициента черноты наружной поверхности ϵ_w (табл.6), т.е. от оптических коэффициентов материала наружной поверхности спутника.

Вторым источником излучения, нагревающим спутник, является Земля, которая отражает часть солнечных лучей, попавших на нее. В результате спутник получает дополнительное количество тепловой энергии. Ее величина зависит от положения орбиты по отношению к освещенной части поверхности Земли и от положения спутника на орбите и достигает величины примерно 35 - 40% солнечной постоянной.

Таблица 6
Оптические характеристики некоторых материалов

Материал или покрытие	Коэффициент поглощения A_s	Степень черноты ϵ_w
Алюминий полированный	0,26	0,04—0,05
Медь полированная	0,26	0,02
Железо полированное	0,45	0,14—0,38
Железо оцинкованное	0,65	0,23
Железо окисленное	0,74	0,80
Алюминиевая краска	0,35—0,40	0,27—0,67
Масляная краска черная	0,97—0,99	0,96—0,98
Масляная краска белая	0,12—0,26	0,92—0,95
Эмаль белая (краситель TiO_2)	0,30	0,81
Карбид титана TiC	0,92—0,83	0,82—0,72
Оксись алюминия Al_2O_3	0,38—0,48	0,89—0,95
Двуокись церия CeO_2	0,82	0,91
Стеклоткань	0,40	0,80

Удельный тепловой поток, отраженной солнечной радиации можно определить по графикам (рис. 23) [7].

Третьим источником излучения является сама Земля. Собственное тепловое излучение Земли лежит в инфракрасной части спектра. Эта энергия составляет примерно 15% от солнечной постоянной $q_{\text{солн}}$.

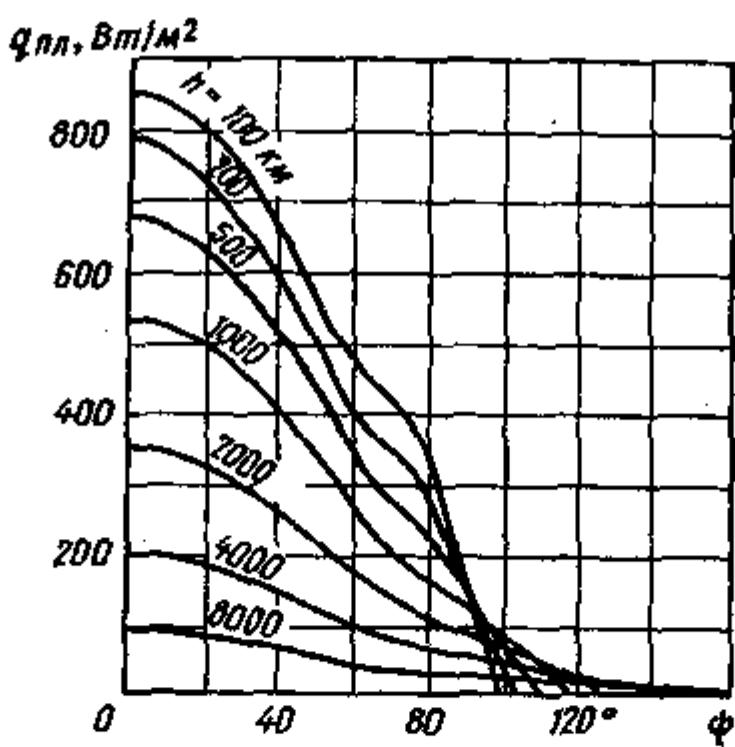


Рис. 23. Изменение удельного теплового потока отраженной солнечной радиации $q_{пл}$ от зенитного расстояния ψ Солнца относительно ИСЗ и высоты h орбиты спутника

Удельный тепловой поток планеты равен

$$q_{пл} = \frac{1}{2} (1 - a_{пл}) (1 - \sqrt{1 - b_0}) \cdot q_{солн},$$

где $a_{пл}$ - альбедо планеты,

$$b_0 = \frac{R}{R + h}, \text{ где } R \text{ - средний радиус планеты, } h \text{ - высота спутника}$$

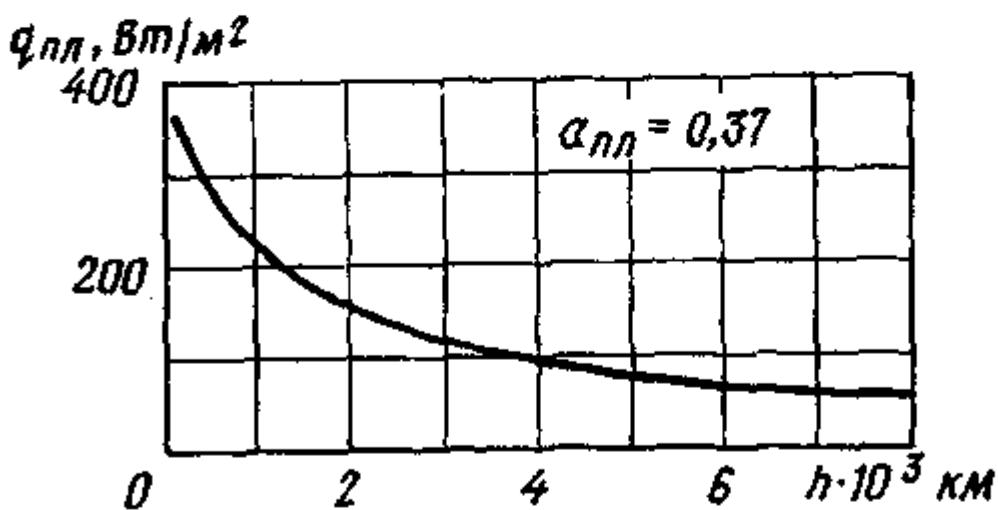


Рис. 24. Изменение удельного теплового потока $q_{пл}$ излучения планеты в зависимости от высоты орбиты спутника ($a_{пл}$ - альбедо планеты)

Для искусственного спутника Земли удельный тепловой поток, поступающий от планеты на его поверхность, зависит от высоты орбиты (рис. 24).

На нагрев искусственного спутника Земли существенное влияние оказывают и внутренние источники тепловой энергии на самом спутнике. Количество выделяемого тепла зависит от мощности аппаратуры, установленной на спутнике, режима ее работы во времени и состава экипажа:

$$Q_{\text{вн}} = \eta \cdot N_{\text{обор}} + Q_{\text{эк}}$$

где $N_{\text{обор}}$ - мощность электроэнергии, потребляемой оборудованием;

η - тепловой к. п.д. аппаратуры, равный 0,92 - 0,96;

$Q_{\text{эк}}$ - выделение тепла экипажем, в среднем на одного человека 100 - 200 Вт.

Здесь не рассматриваются некоторые второстепенные источники нагрева ИСЗ, которые по своей величине значительно меньше перечисленных.

Равновесная температура оболочки ИСЗ при известных тепловых потоках определяется из соотношения

$$T_w^4 = (Q_{\text{нап}} + Q_{\text{вн}}) / \sigma \varepsilon_w S_w,$$

где $Q_{\text{нап}}$ - тепловой поток, подводимый к поверхности ИСЗ извне;

S_w — площадь наружной поверхности.

Величину T_w оценивают для двух крайних режимов теплообмена: перегрева и переохлаждения (орбита ИСЗ перпендикулярна или параллельна потоку $q_{\text{солн}}$).

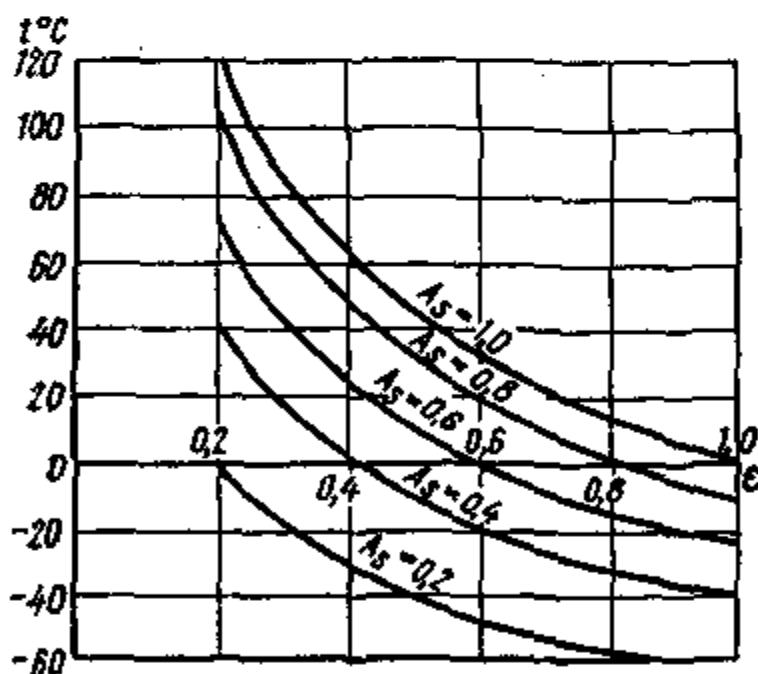


Рис. 25. Средняя температура оболочки спутника при отсутствии тепловыделения приборов внутри него

Температуру поверхности спутника можно подсчитать если ввести некоторые допущения. Так, для предельного случая, когда теплоемкость его оболочки настолько велика, что колебания ее температуры при изменении освещенности пренебрежимо малы, может быть найдена некоторая средняя равновесная температура.

По отношению к этой температуре на самом деле имеют место колебания температуры на орбите. Результаты расчетов в зависимости от коэффициентов A , и ϵ_w приведены на рис. 25 [7]

6.3.2. Инфракрасное излучение самолетов

Можно назвать несколько основных источников излучения, обуславливающих суммарное излучение самолета в целом как объекта: отраженное от планера самолета излучение Солнца, Земли, Луны и других источников; собственное тепловое излучение удлинительной трубы и сопла турбореактивного двигателя или выхлопных патрубков поршневых двигателей; собственное тепловое излучение струи выхлопных газов (факела); собственное тепловое излучение обшивки самолета, возникающее за счет аэродинамического нагрева при полете с большими скоростями [7,8]. Можно назвать и дополнительные источники излучения, возникающие, например, при ведении стрельбы из пушечных установок или при запусках ракет различных классов за счет излучения факелов их двигателей [5,6].

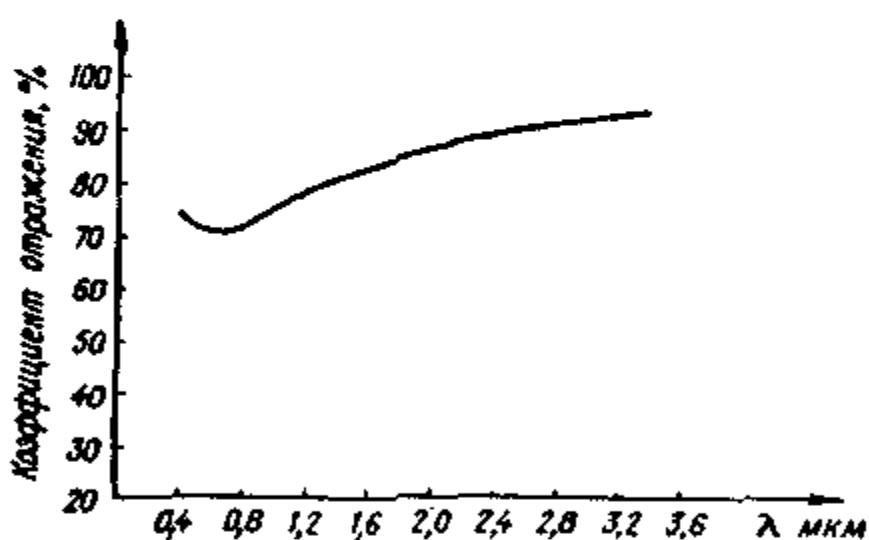


Рис. 26. Спектральная степень черноты алюминия

Для расчета отраженного от самолета излучения необходимо знать характеристики излучения Солнца, конфигурацию поверхности самолета и спектральную степень ее черноты. Планеры современных самолетов

изготавливаются из алюминиевых сплавов. Для полированного алюминия степень черноты лежит в пределах 0.039 - 0.057, а для окисленного в пределах 0.11 - 0.19.

Зависимость степени черноты от длины волны для алюминия приведена на рис. 26. Из рисунка видно, что степень черноты с увеличением длины волны уменьшается, то есть увеличивается зеркальный эффект отражения. Следует учитывать зависимость степени черноты металлов не только от длины волны, температуры, но и от угла визирования поверхности.

Так, для полированного никеля по нормали к поверхности степень черноты равна 0.045, а под углом 85° градусов к нормали она увеличивается в несколько раз и составляет 0.14. Поэтому элементы обшивки самолета при одной и той же температуре будут излучать в разных направлениях разную энергию, что позволяет при достаточной разрешающей способности ИК-устройств разведки получать тепловое изображение самолета.

Турбореактивный двигатель самолета является интенсивным излучателем, так как в процессе сгорания авиационного топлива выделяется большое количество тепла. Поверхности деталей во внутренней полости двигателя омываются со скоростью 300 - 400 м/с газовым потоком, нагретым до температуры 1000°К. Наивысшую температуру имеют лопатки газовой турбины. Максимальная температура газов, поступающих в турбину, определяется допустимым нагревом материала лопастей турбины. Поэтому инфракрасное излучение нового авиационного двигателя испытываемого на стенде может нести значительную информацию о его характеристиках.

При длительном полете максимальное значение температуры выхлопных газов должно поддерживаться в пределах 500 - 600 градусов цельсия. При полетах с малой скоростью температура выхлопных газов может снижаться до 350 - 400 градусов цельсия. Таким образом, изменение интенсивности ИК излучения на различных длинах волн излучаемого спектра содержит информацию о режиме работы двигателя и скорости полета самолета.

Современная инфракрасная аппаратура позволяет легко обнаруживать и отслеживать самолет типа "Боинг - 707" на расстояниях свыше 30 км.

В отличии от турбореактивного двигателя турбовентиляторные двигатели засасывают значительно больше воздуха, избыток которого проходит через двигатель и выбрасывается назад, создавая дополнительную тягу.

Температура выхлопных газов турбовентиляторных двигателей ниже, чем у турбореактивных, и вследствии этого их излучение составляет примерно 3/4 излучения турбореактивных двигателей. Указанная особенность позволяет по интенсивности и спектру инфракрасного излучения двигателя определять его тип.

Струя газов реактивного двигателя является характерным источником инфракрасного излучения турбореактивного самолета. В общем балансе инфракрасного излучения турбореактивного самолета на долю факела двигателя приходится примерно 20 - 25 %. В реактивном двигателе благодаря избытку кислорода топливная смесь сгорает более полно, чем в двигателях поршневых самолетов, и факел выходящих газов не содержит раскаленных частиц углерода с большим уровнем инфракрасного излучения. В результате процесса горения образуется углекислый газ и пары воды. Следовательно, по спектру инфракрасного излучения можно определить, является двигатель реактивным или поршневым. В спектре излучения факела турбореактивного двигателя самолета наиболее интенсивные полосы инфракрасного излучения приходятся на длины волн 2.7 и 4.3 мкм. Первая из них появляется от суммарного излучения паров воды и углекислого газа, а вторая - главным образом в результате излучения нагретого углекислого газа.

В спектре инфракрасного излучения горячих выбросов поршневого самолета появляются дополнительные составляющие.

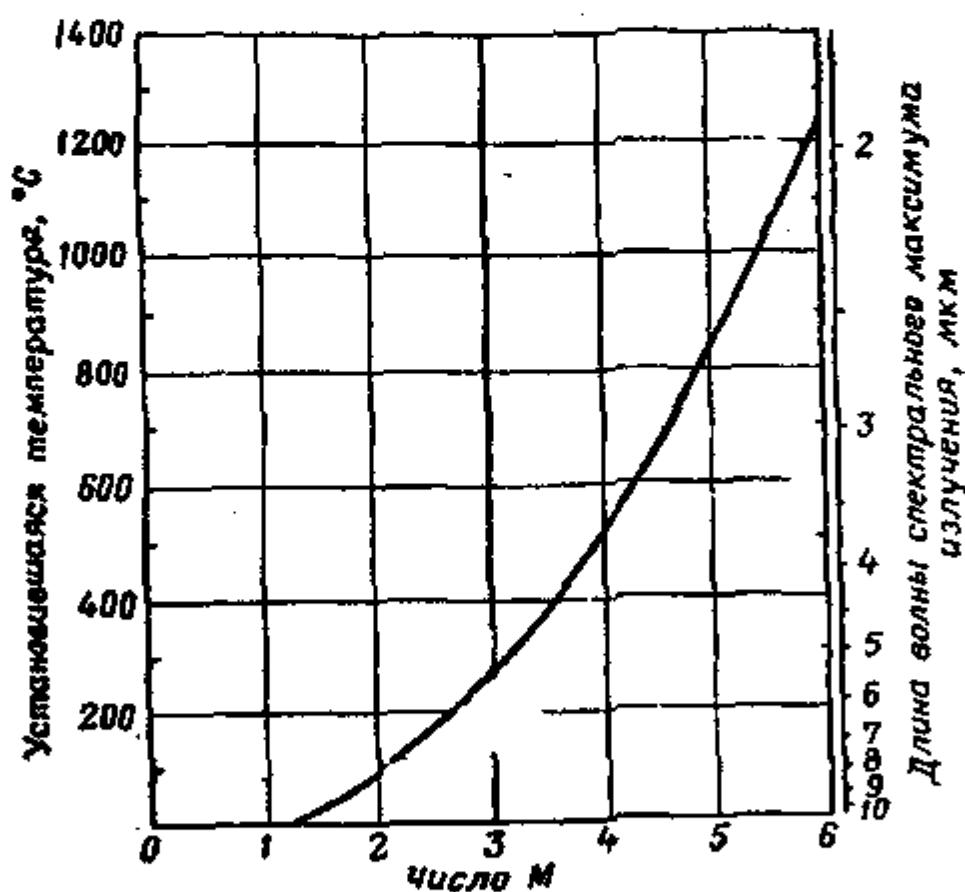


Рис. 27. Установившаяся за счет аэродинамического нагрева температура на высоте 11 км

Следующим источником инфракрасного излучения самолета является поверхность обшивки, нагреваемая за счет аэродинамического

торможения при полете со сверхзвуковыми скоростями. При скоростях, превышающих $M=2$, инфракрасное излучение за счет аэродинамического нагрева становится настолько большим, что представляет интерес для разработчиков систем обнаружения и распознавания самолетов. Точки на поверхности самолета, где поток полностью останавливается, называются точками полного торможения потока. В таких точках кинетическая энергия движущегося воздушного потока преобразуется в потенциальную энергию, приводя к повышению температуры и давления. Эта температура называется температурой торможения T_t и определяется формулой

$$T_t = T_{\infty} \cdot (1 + 0.2 \cdot M^2) \text{ } ^\circ\text{K}, \quad (30)$$

где : T_{∞} - абсолютная температура воздуха до торможения; M - число Маха, равное отношению скорости газового потока к скорости распространения звука в тех же условиях. Эта зависимость представлена на рис. 27.

Приведенные значения температур соответствуют состоянию равновесия. Время для достижения равновесия зависит от коэффициента излучения поверхности, а также тепловых характеристик материалов, находящихся внутри тела.

6.3.3. Инфракрасное излучение надводных кораблей

На современных надводных кораблях чаще всего применяются мощные паросиловые установки. Как правило их КПД сравнительно невысок (около 20 %). Большая часть энергии топлива расходуется на нагревание корпуса корабля и выбрасывается в атмосферу в виде раскаленных отходящих газов. Вследствие этого надводные корабли являются мощными источниками ИК излучения. Основные излучающие элементы надводного корабля: корпус, дымовые трубы и газовый факел. Температура корпуса по всей его длине обычно не одинаковая. В некоторых местах она равна температуре окружающего воздуха или морской воды, а в некоторых (особенно около машинных и котельных отделений) - на десятки градусов выше. Большая мощность излучения надводных кораблей дает возможность обнаруживать их с помощью ИК средств разведки на значительных расстояниях. Для кораблей с паросиловыми установками характерны следующие величины мощности инфракрасного излучения, принимаемые на расстоянии 1 и 10 км (размер рефлектора приемной аппаратуры 1000 см^2).

Источник излучения	R = 1 км	R = 10 км
Кожух дымовой трубы	$5 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-5} \text{ вт}$	$5 \cdot 10^{-10} - 4 \cdot 10^{-7} \text{ вт}$
Выхлопное отверстие дымовой трубы	$2 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-5} \text{ вт}$	$2 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-7} \text{ вт}$

6.3.4. Инфракрасное излучение военно-промышленных объектов

Для оборонных и промышленных объектов (заводы, тепловые электростанции, мастерские и т. д.) основными излучающими объектами являются дымовые трубы. Если излучающая поверхность дымовой трубы 40 м^2 (высота около 40 м), а площадь рефлектора приемной ИК - аппаратуры 1000 см^2 , то от корпуса трубы через "окно" 4 мк будет приниматься 10^{-5} вт, а от отверстия трубы - $6 \cdot 10^{-6}$ вт на расстоянии 10 км.

Обнаружение населенных пунктов, не имеющих ярко выраженных участков с высокой температурой поверхности, довольно затруднительно, так как в этом случае повышается мешающее действие излучения от атмосферы и земной поверхности.

6.4. Демаскирующие особенности изображений объектов в инфракрасном диапазоне.

В предыдущих разделах демаскирующие признаки объектов рассматривались в связи с их ИК излучением, являющимся функцией только времени. Более информативны ИК излучения, обеспечивающие получение двумерных ИК изображений. Инфракрасными называются изображения, сформированные в ИК лучах и преобразованные в видимые с помощью специальной аппаратуры.

Инфракрасные изображения в отличие от обычных изображений, полученных в видимой части спектра, обладают рядом характерных особенностей [7].

Первая особенность состоит в том, что они имеют непривычное для наблюдателя распределение контрастов между известными предметами вследствии иного распределения оптических характеристик поверхностей объектов в ИК диапазоне по сравнению с видимой частью спектра. Эта особенность позволяет обнаружить на ИК снимках предметы, не заметные на обычных фотоснимках. Например, поврежденная растительность в течение нескольких дней после повреждения на фотоснимках не обнаруживается, в то время как на ИК снимках она выглядит темнее здоровой вследствии значительной разницы в их коэффициентах отражения. Этот эффект позволяет выявлять на снимках участки поврежденных деревьев и кустарников, а также вскрывать факты использования свежесрезанной растительности для маскировки объектов. Различная передача тонов на изображениях, получаемых в разных зонах спектра, как в видимой, так и инфракрасной, привела к созданию так называемой многозональной съемки, при которой один и тот же участок плоскости предметов одновременно фотографируется в разных зонах спектра многозональной камерой.

Рассмотрение одного и того же предмета сразу в нескольких зонах позволяет получить больше информации о его сущности.

Другая особенность ИК изображений, свойственная тепловым картам, состоит в том, что в их формировании кроме отраженного излучения существует и собственное, а в ряде случаев лишь оно одно. Это создает принципиально новые по сравнению с фотоснимками возможности получения дополнительной информации об объектах. Дело в том, что собственное излучение определяется излучательной способностью поверхностей предметов и их температурой. Последняя же позволяет судить об энергетическом состоянии излучающего тела. Это дает возможность выявлять на тепловых картах нагретые поверхности или их участки, совершенно не обнаруживающиеся на фотоснимках, и использовать тепловые изображения как источник информации о температурном состоянии предмета.

Третья особенность состоит в том, что ИК изображения позволяют получать информацию и об объектах, которые уже отсутствуют в момент съемки. Так, например, на поверхности площадки в месте стоянки самолета сохраняется в течение некоторого времени его тепловой портрет, который может быть зарегистрирован на ИК снимке.

Четвертой особенностью тепловых карт является возможность регистрации объектов как при отсутствии падающего излучения, так и при отсутствии температурных перепадов; только за счет различий в излучательной способности их поверхностей. Это свойство позволяет наблюдать объекты в полной темноте и в таких условиях, когда температурные различия выравнены до невоспринимаемых (например, земную поверхность в преддиктивные часы). В таких условиях особенно четко выявляются неокрашенные металлические поверхности, имеющие низкую излучательную способность, на фоне неметаллических предметов, выглядящих более светлыми ("темными"), хотя их температуры одинаковы.

Еще одна особенность тепловых карт связана с динамичностью тепловых процессов, протекающих в течение суток. В связи с естественным суточным ходом температур все предметы на земной поверхности участвуют в постоянно протекающем теплообменном процессе. При этом температура каждого тела зависит от условий теплообмена, физических свойств окружающей среды, собственных свойств данного объекта (теплоемкость, теплопроводность) и др. В зависимости от этих факторов соотношение температур смежных предметов изменяется в течение суток, поэтому тепловые карты, полученные в разное время даже от одних и тех же объектов, отличаются друг от друга. Такая особенность, с одной стороны, позволяет выявлять скрытые от простого наблюдения объекты, а с другой – требует более определенно и продуманно подходить к выбору времени тепловой съемки.

Визуализация динамики тепловых процессов дает возможность выявить внутренние, глубинные характеристики предметов, такие, как плотность пород, влагосодержание, заболоченность местности, обнаруживать неоднородности подпочвенного слоя и по ним судить о скрытых на некоторой глубине объектах.

Проиллюстрируем изложенное выше примерами. На рис. 28 гористая местность сфотографирована на инфрапленку с высоты около 700 м в дневное время суток. Снимок сделан в диапазоне 0.7-0.9 мкм. Носителем информации в данном случае является солнечное излучение, отраженное от предметов. Для снимка характерна неестественная по сравнению с видимым светом передача контрастов между различными видами растительности и открытым грунтом. Особенно сильно контрастирует водная поверхность. Причиной этого является меньший коэффициент отражения воды в ИК области по сравнению с видимой и большая доля зеркальной составляющей в отраженном излучении по сравнению с диффузной. Солнце в момент съемки находилось слева сзади, что видно по теням от деревьев. На рис. 29 отчетливо видно взлетно-посадочные полосы аэродрома.

На рис. 30 приведены фотоснимки, полученные с помощью многообъективной камеры в диапазоне от 0.38 до 0.9 мкм.

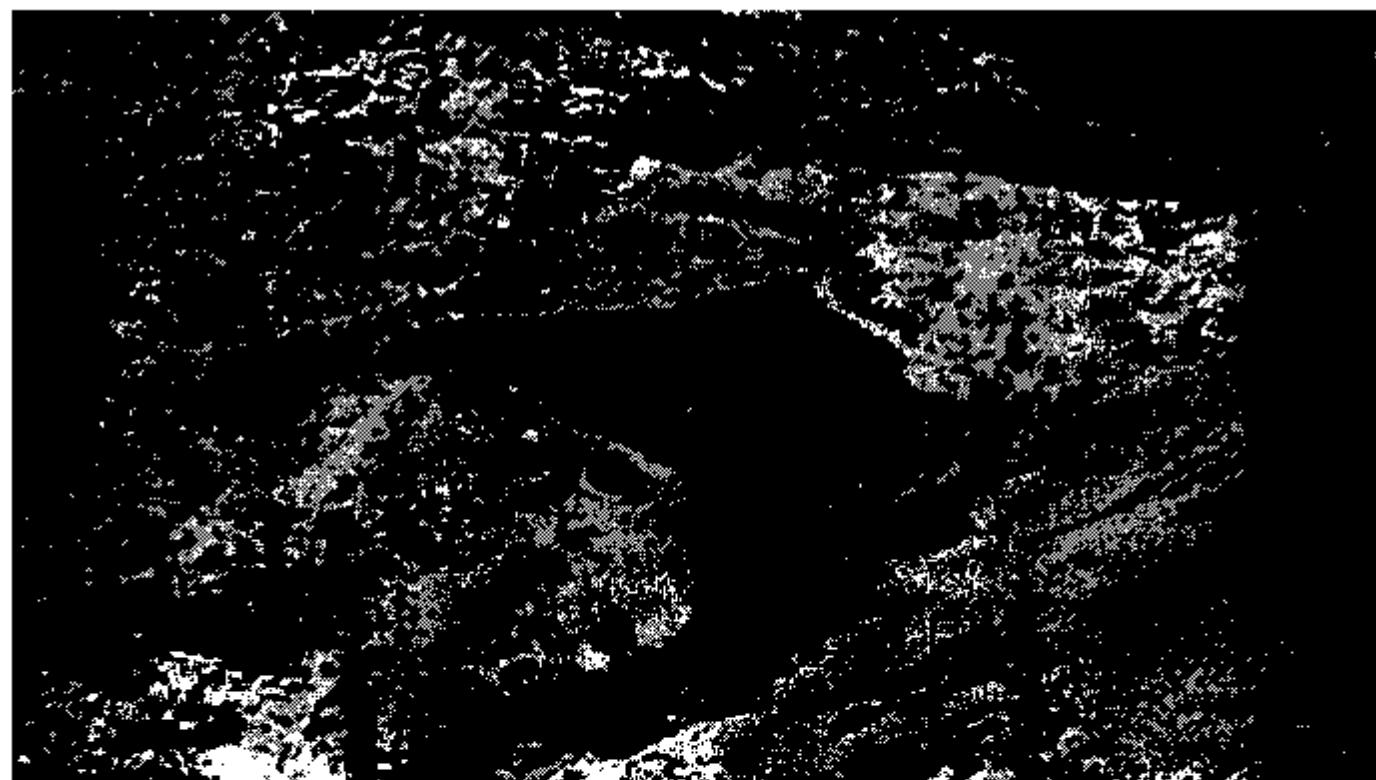


Рис. 28

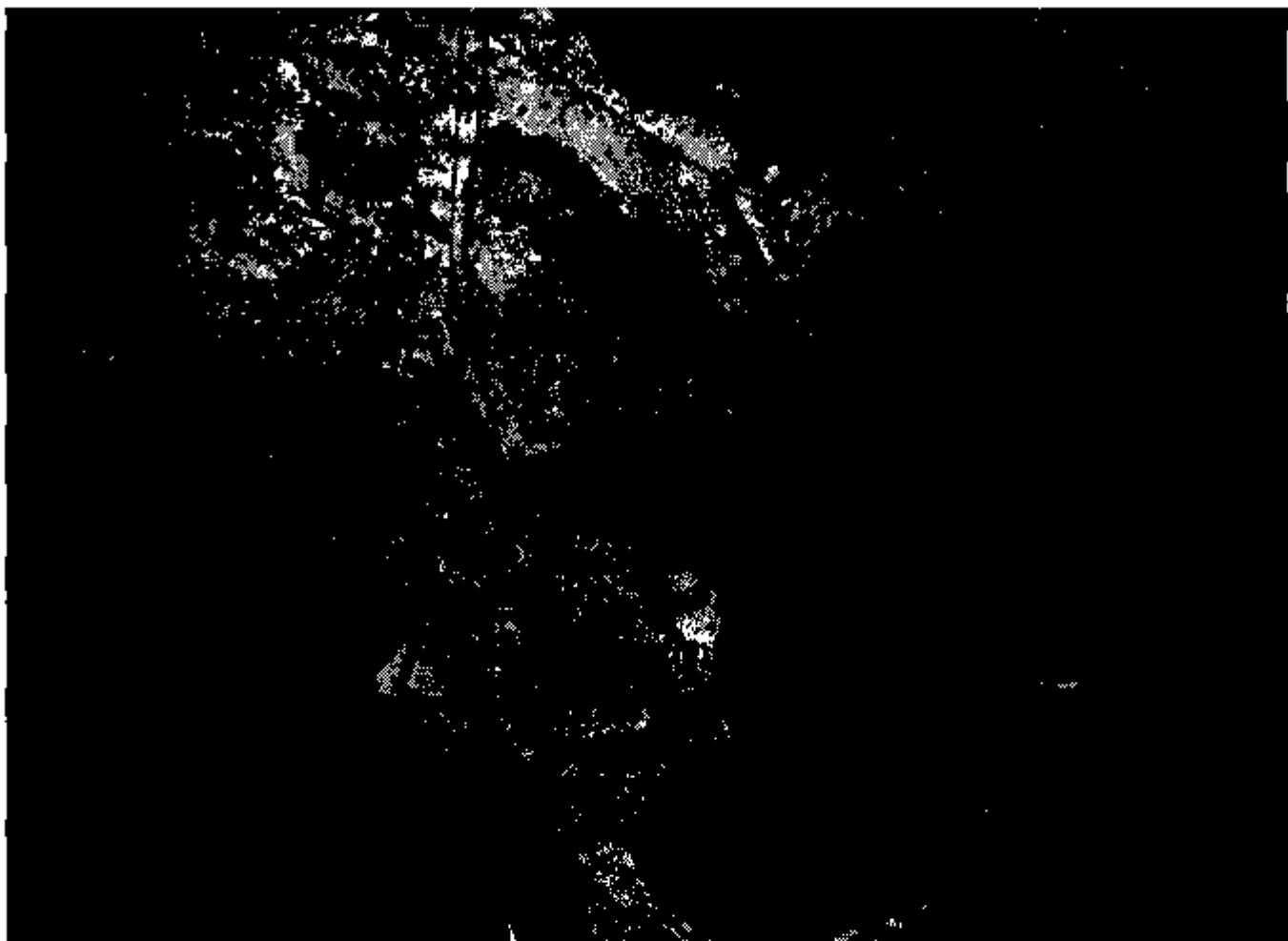


Рис. 29

Каждый канал снабжен узкополосным оптическим фильтром с полосой пропускания в определенном участке указанного диапазона и фотопленкой, чувствительной к излучению в этом участке. Левый верхний снимок охватывает сине-фиолетовый участок спектра. Нижний ряд снимков получены в красном и ближнем ИК диапазонах.

Одновременное фотографирование одного и того же участка местности в разных полосах спектра позволяет наглядно представить различие в передаче контрастов одними и теми же объектами излучения и разной длины волны. Это различие определяется различием спектральных коэффициентов отражения материалов поверхностей объектов.

Для ИК снимков наиболее характерным является светлый тон растительности, особенно деревьев, который получается за счет больших коэффициентов отражения зелени в ближней ИК области спектра по сравнению с видимой.

В результате имеется возможность производить селекцию объектов непосредственно по ИК изображениям, не прибегая к специальной обработке.

Зависимость функции лучистости объектов от выбора участка спектра и времени наблюдения также позволяет осуществлять селекцию объектов

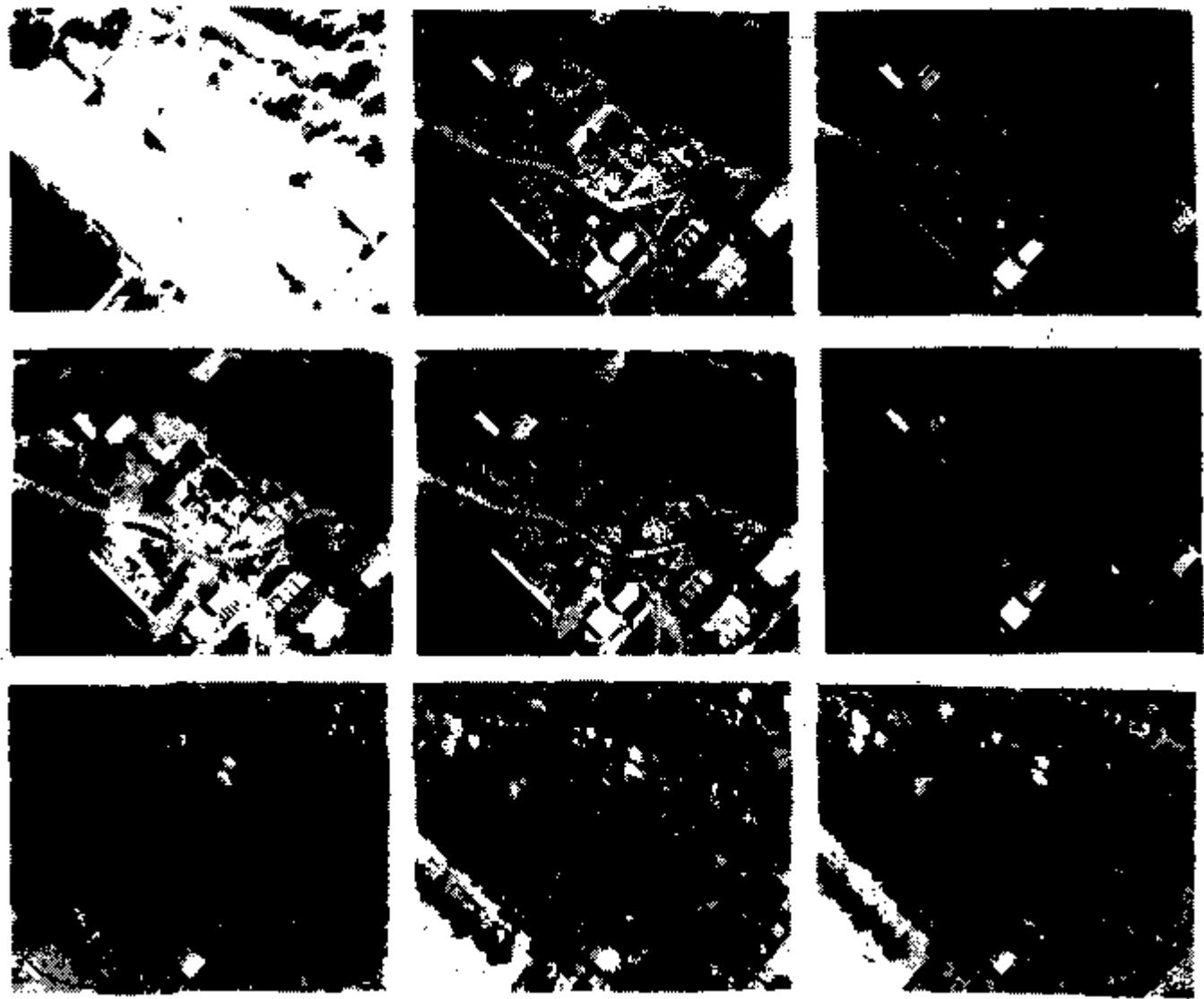


Рис. 30

непосредственно по тепловым картам. Это наглядно демонстрирует рис. 31, на котором изображены тепловые карты одного и того же участка местности, полученные в различных диапазонах спектра. Нижняя тепловая карта получена в диапазоне длин волн от 8 до 14 мкм днем. Носителем информации являлось собственное излучение элементов местности, имеющих различные коэффициенты излучения и различные температуры вследствие неодинакового прогрева солнцем. Хорошо прогреты открытые берега реки и мост. Имея значительный положительный контраст по сравнению с более холодной водной поверхностью реки и растительностью, они отчетливо выделяются. На верхней тепловой карте, полученной в диапазоне от 3 до 5 мкм, воспринято лишь собственное излучение пламени костров в лесу и излучение наиболее нагретого объекта - моста. Выбор участка спектра позволил отселектировать эти объекты.

Тепловые карты позволяют выявлять информацию о действующих силовых и энергетических установках объектов вследствии более интенсивного их ИК излучения.

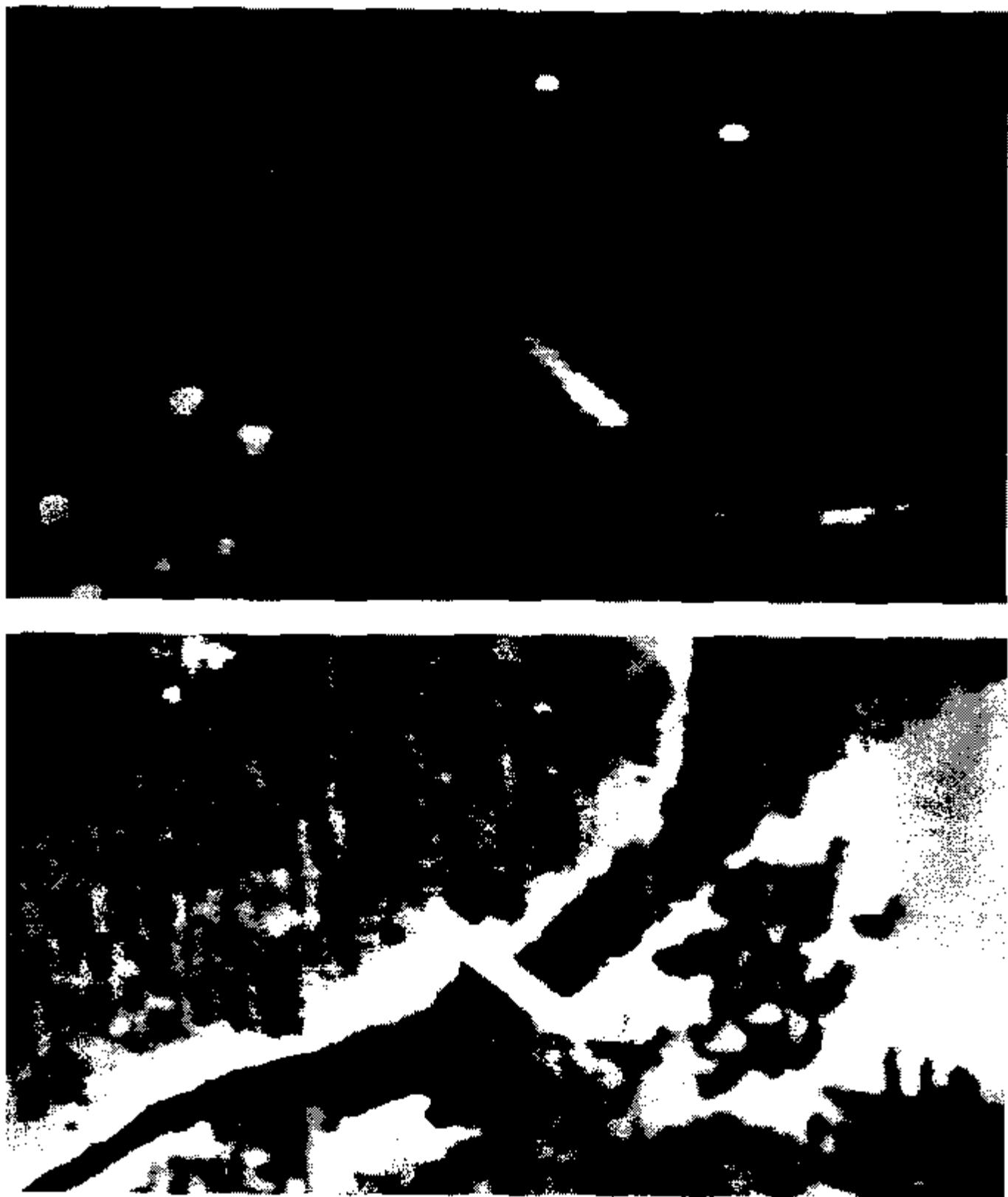


Рис. 31.

Глава 7

Демаскирующие признаки радиоэлектронных средств и систем

Процессы разработки, испытаний, изготовления и эксплуатации радиоэлектронных средств (РЭС) и систем связаны с излучением электромагнитных волн радиодиапазона, которые могут нести информацию о назначении и характеристиках создаваемых и эксплуатируемых средств и систем. Перехват и анализ радиоизлучений с помощью средств радио и радиотехнической разведки дает возможность противнику получать сведения о экономическом и военном потенциале страны, вскрывать военно-политические замыслы, устанавливать местоположение баз и стартовых площадок ракетно-ядерного оружия, аэродромов стратегической авиации, вскрывать системы ПРО и ПВО, получать сведения о новых разработках радиоэлектронного вооружения, их назначении и характеристиках.

Скрываемые сведения могут содержаться не только в основных, но и в побочных и внеполосных излучениях радиоэлектронных средств, а также в излучениях контрольно-измерительной аппаратуры, различных вспомогательных устройств, тренажеров, имитаторов, стендов. За последние годы внимание специалистов по разведке все больше привлекает возможность перехвата и анализа электромагнитных излучений радиодиапазона, создаваемых электродвигателями и генераторами, системами электропитания и зажигания двигателей внутреннего сгорания, различными элементами самого радиоэлектронного средства (синхронизаторами, гетеродинами, формирующими устройствами, импульсными трансформаторами и т. д.). Подобные излучения несут определенную информацию о скрываемом объекте и могут быть перехвачены с помощью средств технической разведки.

7.1. Технические характеристики радиоизлучений

Все демаскирующие признаки, связанные с радиоизлучениями, определяются техническими характеристиками радиосигналов, которые можно разделить на следующие группы: частотные, временные, энергетические, спектральные, пространственно-энергетические, фазовые, поляризационные.

Частотные характеристики радиоизлучений определяют их место в диапазоне частот. К ним относятся: несущая частота, закон изменения или модуляции несущей, количество излучаемых фиксированных частот и величины разноса между ними, диапазон изменения несущей частоты, величина девиации несущей при частотной модуляции, стабильность несущей.

К временным характеристикам относятся: закон изменения огибающей импульса и его длительность, период следования импульсов, временная структура кодовой посылки, длительность серии импульсов и ее период, продолжительность излучения (скважность, время включения, коэффициент включения).

Энергетические характеристики дают представление как о самом источнике, так и создаваемом им в пространстве электромагнитном поле. К ним относятся: мощность излучения, спектральная плотность мощности, плотность потока мощности, напряженность электромагнитного поля, динамический диапазон изменения мощности радиоизлучений.

Пространственно-энергетические характеристики позволяют судить о распределении энергии радиоизлучений в пространстве. К ним относятся: направление распространения излучения, направление максимума излучения, параметры диаграммы направленности антенны (ширина главного лепестка, уровень боковых лепестков, форма диаграммы направленности), характер изменения напряженности электрического поля в зависимости от расстояния, вид обзора пространства.

Спектральные характеристики радиоизлучений показывают распределение энергии между составляющими спектра. Основными спектральными характеристиками являются: ширина спектра, вид спектра (сплошной, дискретный), относительная величина отдельных спектральных составляющих, форма огибающей спектра, характерные особенности.

Поляризационные характеристики описывают ориентацию и законы изменения в пространстве вектора электрического поля. К поляризационным характеристикам можно отнести: вид поляризации (линейная, круговая, эллиптическая), направление вращения вектора электрического поля.

Фазовые характеристики описывают закон изменения фазы за время излучения. К фазовым характеристикам относятся: параметры фазовой модуляции, вид фазовой манипуляции, значения и количество дискретных скачков фазы, длительность элементарного дискрета при фазовой манипуляции.

Технические признаки радиоизлучений можно разделить на групповые, индивидуальные и оперативные.

7.2. Групповые и индивидуальные технические демаскирующие признаки

Групповые технические признаки позволяют установить принадлежность РЭС к определенному типу (классу). Они проявляются в характеристиках, или совокупности характеристик, свойственных определенным типам РЭС.

К ним относятся:

- характеристики обзора пространства;
- скорость вращения антенны;
- вид излучения;
- закон и границы перестройки частоты;
- вид и закон модулирующего сигнала;
- значения параметров сигнала (несущие частоты, длительности импульса, частоты следования импульсов и др.).

Индивидуальные технические признаки позволяют распознать конкретный образец среди РЭС одного типа. Наличие у РЭС индивидуальных демаскирующих признаков обусловлено технологическим и эксплуатационным разбросом параметров сигнала. Индивидуальные признаки могут проявляться в следующих характеристиках РЭС:

- форме огибающей сигнала (форма вершины импульса, его переднего и заднего фронтов);
- спектре сигналов (форма огибающей спектра сигнала, отношение амплитуд главного и боковых лепестков спектра);
- величине нестабильностей параметров сигнала (несущей частоты, длительности импульса, периода следования) и скорости вращения антенны;
- виде паразитной модуляции.

7.3.Оперативно-технические демаскирующие признаки

Оперативно-технические демаскирующие признаки характеризуют, как правило военные и военно-промышленные объекты и проявляются:

- в количестве и типах РЭС, находящихся на объекте;
- в последовательности их включения, интенсивности и длительности работы РЭС различного назначения.

Совокупность радиоизлучений конкретного военно-промышленного объекта образует характерную для данного объекта радиоэлектронную обстановку - его радиопортрет. Информация о деятельности объекта может быть получена как по конкретным характеристикам излучения, так и при анализе всей совокупности излучений, составляющих радиоэлектронную обстановку. Динамика радиоэлектронной обстановки проявляется в изменении интенсивности радиоизлучений во времени, пространстве, по частоте, в повторяемости отдельных параметров, в изменении структуры излучения, в появлении новых видов излучений..

Присущая тому или иному объекту радиоэлектронная обстановка может быть представлена количественными характеристиками, в качестве которых могут быть как численные значения параметров отдельных радиоизлучений, так и ряд параметров совокупности радиоизлучений.

Количественными характеристиками совокупности радиоизлучений объектов являются:

- общее число отдельных источников излучений;
- плотность распределения значений отдельных параметров;
- максимальные значения и диапазон значений параметров (занимаемый частотный диапазон, динамический диапазон и т. д.);
- коэффициент корреляционной связи между отдельными параметрами и видами радиоизлучений;
- суммарный поток радиоимпульсных излучений и его вариации во времени;
- плотность размещения источников радиоизлучений на площасти, занимаемой объектом;
- количественные соотношения между различными видами радиоизлучений.

Глава 8

Радиолокационные характеристики объектов разведки и их отличительные признаки

8.1. Радиолокационные сигналы и характеристика радиолокационной яркости объектов и фона

Радиолокационные сигналы, обрабатываемые в приемном устройстве радиолокационной станции (РЛС) можно разделить на три группы:

- эхо-сигналы от объектов, представляющие собой узкие выбросы (группы выбросов) большой амплитуды (рис. 32 а);
- эхо-сигналы средней амплитуды, обусловленные отражением от элементов местности и имеющие характер шумового процесса (рис. 32 б);
- внутренний шум приемника и системы обработки, имеющий вид равномерного шумового фона малой интенсивности (рис. 32 в).

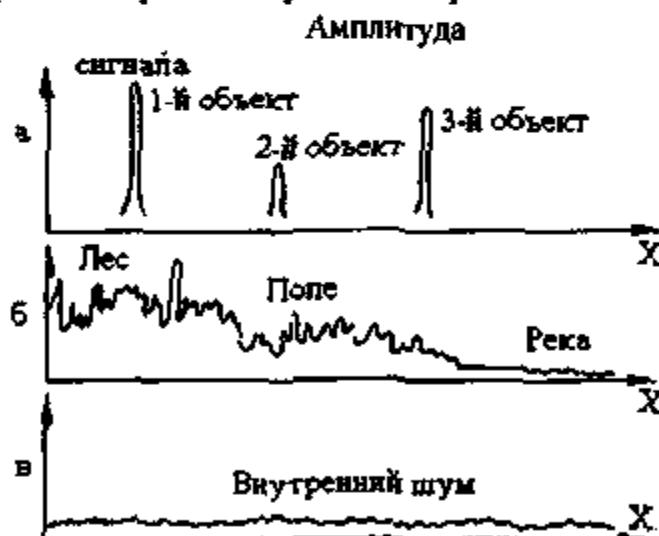


Рис. 32.
Радиолокационные
сигналы, обрабатываемые
в приемном устройстве
РЛС

В реальных условиях работы РЛС интенсивность сигналов, отраженных от фона местности, значительно превышает интенсивность внутреннего шума приемника и системы обработки. Поэтому обнаружение малоразмерных объектов определяется, главным образом, мощностью эхосигналов, отраженных от объектов и элементов местности, т. е. радиолокационной яркостью объекта и фона или радиолокационным контрастом.

Радиолокационная яркость объектов разведки и фонов зависит от их способности отражать радиоволны. Для оценки свойств объектов и фонов по отражению падающих на них радиоволн используется понятие эффективной поверхности рассеивания (ЭПР). Физический смысл этого понятия состоит в следующем. Всякий реальный объект (танк, автомобиль, самолет), облучаемый РЛС, можно заменить плоской поверхностью, рассеивающей радиоволны полностью (без потерь) и ортотропно, то есть одинаково во всех направлениях. Далее, можно подобрать такую величину этой поверхности, при которой мощность отраженного ею сигнала будет равна мощности сигнала, отраженного от объекта. Численная величина площади идеальной ортотропной поверхности, эквивалентной объекту по рассеиванию радиоволн, называется эффективной поверхностью рассеивания объекта. Эта величина обозначается буквой σ и измеряется в квадратных метрах.

8.2. Эффективная поверхность рассеивания объектов

Величина ЭПР зависит от материала поверхности объекта, его формы, геометрических размеров и ориентации по отношению к радиолокационной станции.

ЭПР объекта тем больше, чем больше возбуждаемые в его поверхности электрические токи. Поэтому объекты с высокой электропроводимостью (например, металлические) лучше отражают радиоволны, чем объекты из непроводящих материалов. Например, отражение радиоволн сантиметрового диапазона от бетона в 3-5 раз, а от кирпичной кладки в 8-10 раз слабее, чем от металла. Отражение 3-см радиоволн от металлических поверхностей происходит в поверхностном слое толщиной около 0,01 мм. Поэтому макеты техники с тканевыми оболочками, покрытыми тонкой металлической пленкой в виде фольги, металлизированного слоя или специальной краски, отражают радиоволны так же интенсивно, как и боевые машины.

В зависимости от фактуры поверхности отражение радиоволн может быть зеркальным или рассеянным. Гладкость поверхности характеризуют отношением высоты неровностей к длине волны $\Delta h/\lambda$. Если высота неровностей на плоской поверхности в 10-15 раз меньше длины волны, то такая поверхность отражает радиоволны зеркально, то есть подобно тому,

как плоское зеркало отражает свет. Зеркально отражают радиоволны, например, плоский металлический лист, спокойная поверхность воды, бетонированные полосы аэродромов. Зеркальные поверхности отражают радиоволны в сторону радиолокатора только в том случае, когда они ориентированы к направлению на радиолокатор. Поверхности с рассеянным отражением при любом угле падения направляют часть отраженных радиоволн в сторону радиолокационной станции.

ЭПР объекта зависит от направления его облучения или, как говорят, от ракурса объекта относительно РЛС. График, на котором изображается зависимость ЭПР от угла облучения, называется диаграммой ЭПР (рис. 33). Струят диаграмму ЭПР обычно в полярных координатах.

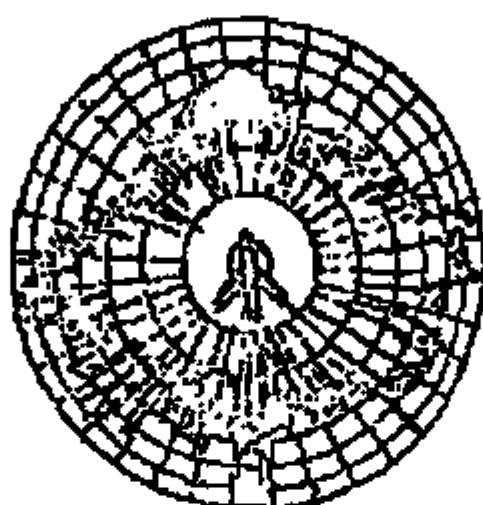


Рис. 33. Диаграмма эффективной отражающей поверхности самолета

Вследствие большой зависимости ЭПР от положения объекта относительно РЛС при маскировке принято характеризовать отражательную способность объектов средней величиной ЭПР.

В таблице 7 приведены ориентировочные значения ЭПР объектов различного типа, усредненные по диапазону углов наблюдения [10].

Таблица 7

Объект	$\sigma_{\text{ц}}, M^2$
Человек	0,5
Рубка подводной лодки	1,0
Автомобиль грузовой	1—10
Самолет-истребитель	3—5
Самолет-бомбардировщик	15—20
Малое транспортное средство	150
Танк	3—4
Самоходная пушка	3—4
Самоходная ракетная установка	30—40

Величина ЭПР объекта может быть получена расчетным или опытным путем. Расчетным методом определяют ЭПР объектов простой формы по формулам, приведенным в таблице на рис.34. Определение значения ЭПР объектов сложной формы (например, самолет, боевые и специальные машины, танк) требует применения сложного математического аппарата, а расчетные значения ЭПР сложных объектов в этом случае получаются приближенными. Поэтому ЭПР сложных объектов определяют, как правило, опытным путем.

Формулы для расчета эффективных поверхностей рассеивания

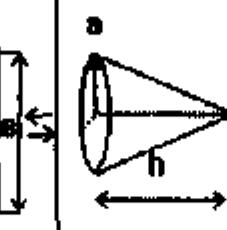
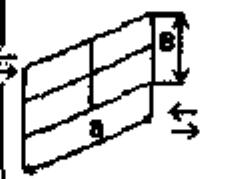
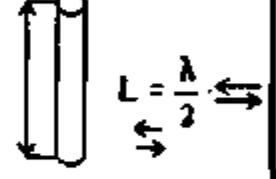
Форма объекта	Шар	Цилиндр	Конус	Плоская пластина	Полуволновой отражатель
Размеры					
Формула для расчета ЭПР	$\sigma = \pi a^2$	$\sigma = 2\pi \frac{ad^2}{\lambda}$	$\sigma = \pi \frac{a^4}{h^2}$	$\sigma = 4\pi \frac{s^2}{\lambda^2}$ где $s = ab$	$\sigma = 0,86\lambda^2$

Рис. 34

Примечание: Размеры объектов, за исключением полуволнового отражателя, больше длины волны λ .

8.3. Характеристики радиолокационного отражения местности

При заданных параметрах РЛС и объектов характеристики отражения местности имеют определяющее значение для обнаружения и распознавания объектов. Поэтому рассмотрим эти характеристики подробнее.

Отражение радиоволн от земной поверхности может быть как зеркальным, так и рассеянным. Сравнительно гладкая поверхность водоемов изображается в виде темной области, так как от такой поверхности радиоволны отражаются зеркально, в сторону от радиолокационной станции. Наоборот, поверхность суши, имеющая значительные неровности рельефа, покрытая травой, кустарником, лесом, видна как светлая область, поскольку земные покровы и растительность отражают значительную часть радиоволн в

сторону радиолокатора. Очевидно, что обнаружить объект на темном фоне водоема значительно легче, чем на светлом фоне, изображающем сушу.

Условия неразличимости на радиолокационном изображении объекта, расположенного на светящемся фоне, определяется соотношением ЭПР фона и объекта. Поэтому при оценке скрывающих свойств местности необходимо уметь определять ЭПР земной поверхности. Прежде всего найдем величину того участка поверхности, который участвует в формировании отраженного сигнала. Поскольку радиолокатор обладает определенной разрешающей способностью по дальности δD и направлению $\delta \chi$, то не вся поверхность земли, над которой пролетает самолет, одновременно участвует в формировании отраженного сигнала. В любой момент времени отражение радиоволны происходит от участка поверхности с размерами a и b (рис. 35), причем

$$a = \delta_x = \theta_F D = \theta_F \frac{H}{\sin \varepsilon}; \quad (31)$$

$$b = \frac{\delta_D}{\cos \varepsilon} = \frac{c \tau}{2 \cos \varepsilon}. \quad (32)$$

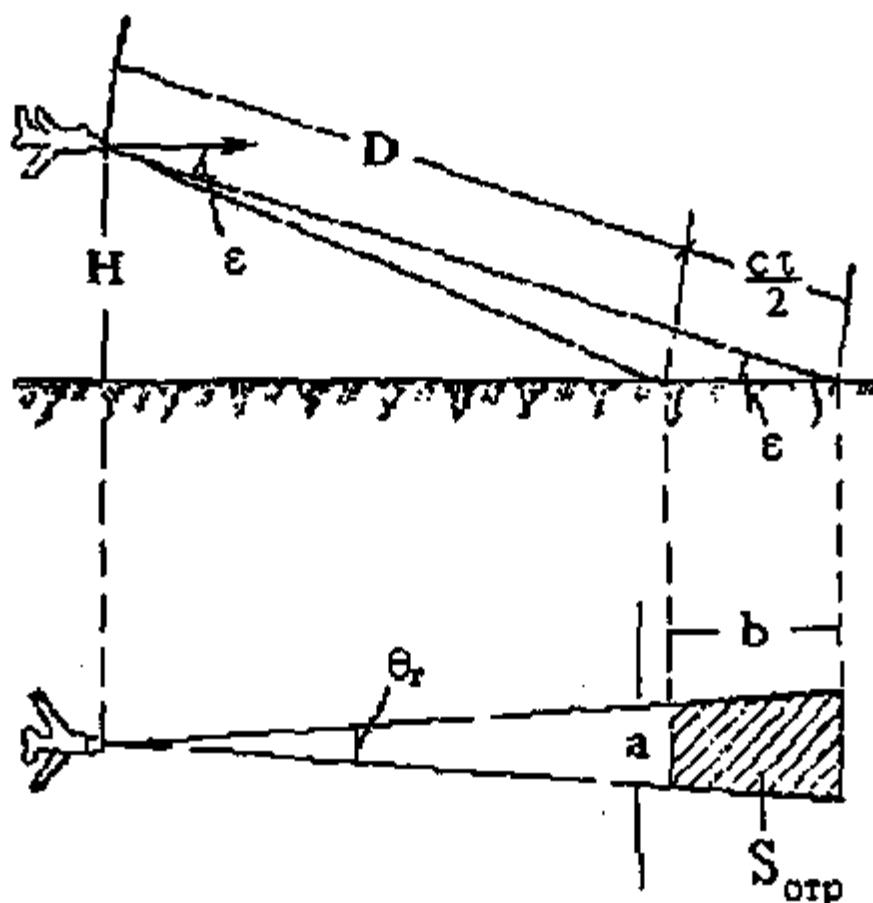


Рис. 35. К определению эффективной отражающей площади земной поверхности

Следовательно, геометрическая площадь отражающей площадки земной поверхности будет равна:

$$S_{\text{отр}} = ab = \frac{c\tau}{2\cos\epsilon} \cdot \frac{\theta_\Gamma H}{\sin\epsilon} = c\tau\theta_\Gamma \frac{H}{\sin 2\epsilon} \quad (33)$$

или

$$S_{\text{отр}} = 5,25\tau\theta_\Gamma \frac{H}{\sin 2\epsilon} \text{ м}^2, \quad (34)$$

где τ — длительность импульса, мксек.;

θ_Γ — угловая ширина радиолуча, град.;

H — высота, м,

ϵ — угол места наблюдения.

Этот участок поверхности условимся называть отражающей площадкой.

ЭПР этого участка $\bar{\sigma}_f$ можно получить, если учесть интенсивность отражения радиоволн от каждого квадратного метра земной поверхности. Величина ЭПР одного квадратного метра естественного фона, называется удельной рассеивающей площадью фона σ_0 . Вводя эту величину в качестве множителя в (34), получим

$$\bar{\sigma}_f = \bar{\sigma}_0 S_{\text{отр}} = 5,25\bar{\sigma}_0 \tau\theta_\Gamma \frac{H}{\sin 2\epsilon} \quad (35)$$

Из (35) видно, что ЭПР фона зависит не только от свойства поверхности фона отражать радиоволны, но и от технических характеристик радиолокатора (τ , θ_Γ) и условий ведения разведки (высота полета и угол места наблюдения).

При одних и тех же условиях наблюдения фон изображается более ярким при низкой разрешающей способности станции и более темным — при лучшей разрешающей способности, то есть при меньших значениях τ и θ_Γ . Так как яркость отметки точечного объекта в обоих случаях одинакова, то изображение объектов при использовании РЛС с повышенной разрешающей способностью будет более контрастным. \square

С увеличением высоты наблюдения, независимо от разрешающей способности станции, ЭПР фона и его яркость увеличивается и контрастность изображения уменьшается. Это ведет к снижению вероятности обнаружения объекта.

Удельную ЭПР естественных фонов получают опытным путем. На ее величину влияет главным образом угол наблюдения ε (угол наклона луча антенны к горизонту). Ориентировочно можно считать, что зависимость σ_0 от угла наблюдения ε носит синусоидальный характер

$$\sigma_0 = \sigma_{\pi/2} \cdot \sin \varepsilon, \text{ где } \sigma_{\pi/2} \text{ — удельная ЭПР при } \varepsilon = \frac{\pi}{2}.$$

Ориентировочные значения величины σ_0 для различных поверхностей при длине волны $\lambda=3$ см приведены в таблице 8 [10 - 11].

Реальные значения σ_0 , которые будут наблюдаться в конкретных условиях ведения разведки могут значительно (на 5-10 дБ) отличаться от приведенных цифр. Так, например, σ_0 влажной поверхности в 3-5 раз больше σ_0 той же самой, но сухой поверхности (при прочих равных условиях).

Таблица 8

Поверхность	σ_0			
	$\varepsilon=10^\circ$		$\varepsilon=30^\circ$	
	дБ	Отн. ед.	дБ	Отн. ед.
Водная поверхность	-40	10^{-4}	-37	$2 \cdot 10^{-4}$
Асфальт, бетон	-32	$6 \cdot 10^{-4}$	-29	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Степь, сухая трава	-22	$6 \cdot 10^{-3}$	-21	$8 \cdot 10^{-3}$
Степь, зеленая трава	-16	$2,5 \cdot 10^{-3}$	-20	10^{-2}
Лес	-15	$3 \cdot 10^{-2}$	-10	10^{-1}
Небольшие строения	-10	10^{-1}	-5	0,32

8.4. Связь между эффективной поверхностью рассеивания объекта и вероятностью его обнаружения

Вероятность обнаружения малоразмерного объекта определяется мощностью сигналов, отраженных от объекта и фона. Мощность фонового сигнала зависит от удельной площади рассеивания σ_0 и технических характеристик РЛС τ и θ_f (см. формулу 35) или разрешающей способности по дальности и направлению. В свою очередь мощность сигнала, отраженного от объекта определяется его ЭПР(сц). Реальные объекты имеют сложную конфигурацию, так что величина сц меняется в значительных пределах при изменении ракурса объекта и параметров РЛС (длины волны, поляризации). Максимальная отраженная мощность будет при тех ракурсах объекта, при которых радиоволна падает перпендикулярно на зеркально отражающий элемент объекта, например, крыло самолета, стену здания и т. д. Большой отраженный сигнал возникает также в том случае, когда конструкция объекта образует углковый отражатель, направленный на РЛС (обрывистый берег реки, фермы мостов и т. д.).

При расчете характеристик обнаружения объектов используются усредненные (по диапазону углов наблюдения) значения ЭПР объектами (см. таблицу 7).

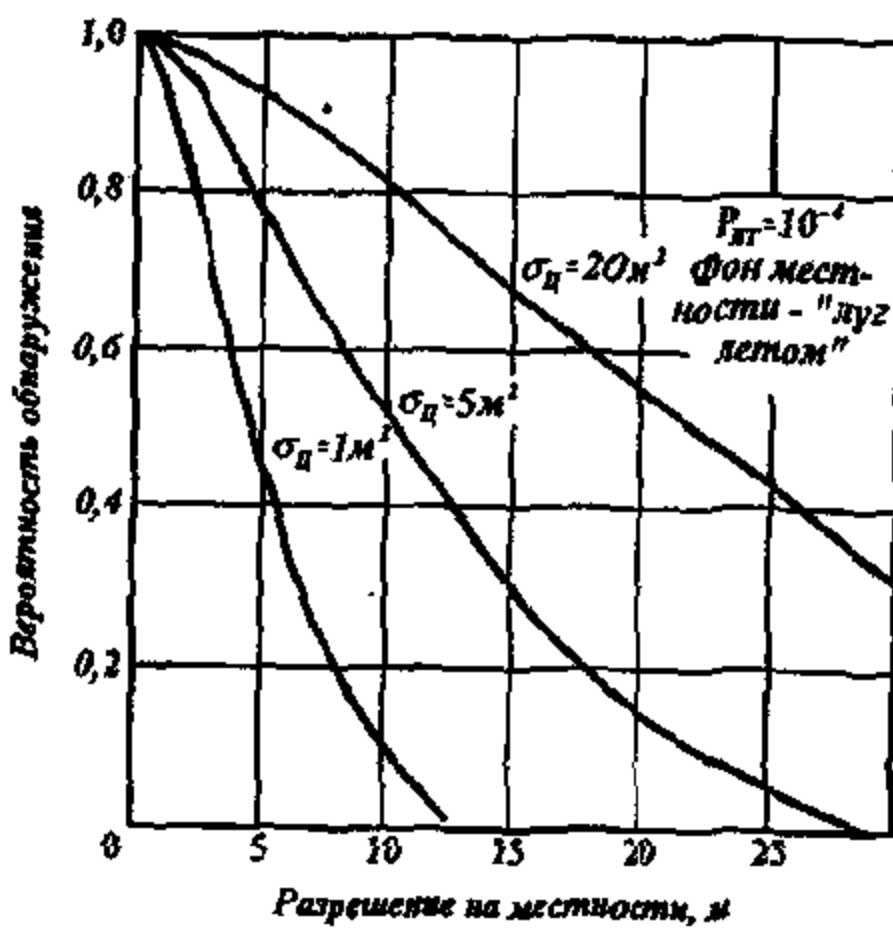


Рис. 36. Характеристики вероятности обнаружения объектов в зависимости от разрешающей способности РЛС.

На рис. 36 показаны теоретически рассчитанные характеристики вероятности обнаружения малоразмерных объектов в зависимости от разрешающей способности РЛС для различных значений СЦ при вероятности ложной тревоги Рлт = 10^{-4} [12]. Так, объект с ЭПР СЦ=20 м² может быть обнаружен с вероятностью 0,8 при разрешающей способности РЛС по дальности и направлению 10 м. При разрешающей способности РЛС 25 м вероятность обнаружения объекта снижается до 0,44. Поэтому при осуществлении мероприятий по защите объектов от средств радиолокационной разведки необходимо учитывать как ЭПР объекта, так и возможную разрешающую способность РЛС разведки. Необходимо также отметить, что если разрешаемая площадка на местности меньше геометрического размера объекта, его изображение дробится на несколько элементов и СЦ в каждом элементе уменьшается, что необходимо учитывать при определении вероятности обнаружения объекта.

8.5. Характерные признаки объектов и местности при дешифровании радиолокационных изображений

Двумерные радиолокационные (РЛ) изображения получаются с помощью радиолокационных станций бокового обзора (РЛС БО), которые широко применяются для решения задачи воздушно-космической разведки и картографирования местности. Получение РЛ изображения основано на регистрации амплитудных и фазовых изменений радиолокационных сигналов, отраженных от участков местности и объектов. РЛ изображение, как правило, фиксируется на фотопленку и внешне подобно черно-белому фотоснимку, полученному с помощью щелевого фотоаппарата. При этом детальность РЛ изображения сравнима с мелкомасштабными аэрофотоснимками. Однако, несмотря на внешнее сходство с аэрофотоснимками, РЛ изображения значительно отличаются от них по своему содержанию. Эти отличия обусловлены разным характером отражения сигналов от местности и объектов в радиолокационном и оптическом диапазонах, монохроматичностью радиолокационных сигналов, более низкой разрешающей способностью РЛС БО по сравнению с фотоаппаратами и различными способами формирования изображений. Рассмотрим характерные особенности РЛ изображений местности и объектов.

Рельеф. Основными характеристиками РЛ изображений рельефа местности является средний тон (степень почернения) площади отображаемых участков, тон элементарных участков и структура изображения. Равнинная местность характеризуется на РЛ изображении однообразным фоном, яркость которого убывает к краю изображения. На таком фоне хорошо обнаруживаются военно-промышленные объекты, дороги с насыпями, колонны войск.

Неровные поверхности, складки местности, обрывы, крутые берега дают большую неравномерность в интенсивности отражения и заметно выделяются на РЛ изображениях. РЛ изображения оврагов имеют характерную разветвленную структуру. Горные районы отличаются наличием теней, подчеркивающих объемность отображаемой местности контрастными переходами от темных тонов к светлым. Структура изображения воспроизводит отдельные горы, горные хребты, ущелья, долины. На рис. 37 показано РЛ изображение прибрежного горного района. Радиолокационные тени черного тона, создаваемые возвышенностями и ущельями, подчеркивают сильно пересеченный рельеф местности.



Рис. 37

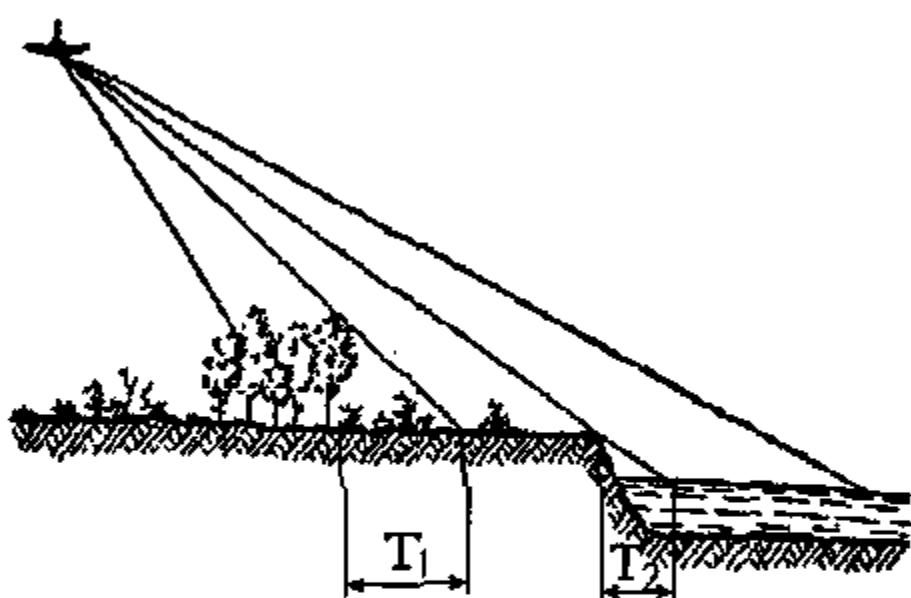


Рис. 38. Образование радиолокационной тени

Наиболее четко на РЛ изображении выделяются части рельефа, ориентированные параллельно траектории полета носителя РЛС, т. е. перпендикулярно направлению облучения. Слоны, ориентированные вдоль линии полета, интенсивно отражают радиолокационные сигналы, поэтому обнаружение объектов на этих склонах затруднено.

Неровности поверхности и местные предметы с относительно большой высотой создают радиолокационные тени. Образование радиолокационных теней показано на рис. 38. Объекты, находящиеся в области радиолокационной тени, не обнаруживаются.

По длине радиолокационной тени можно измерить высоту затеняющего объекта h , используя геометрические соотношения (рис.39)

$$h = \frac{H R_t}{R_k}, \quad (36)$$

где : H - высота полета носителя, R_t - длина радиолокационной тени, R_k - дальность до конца тени.

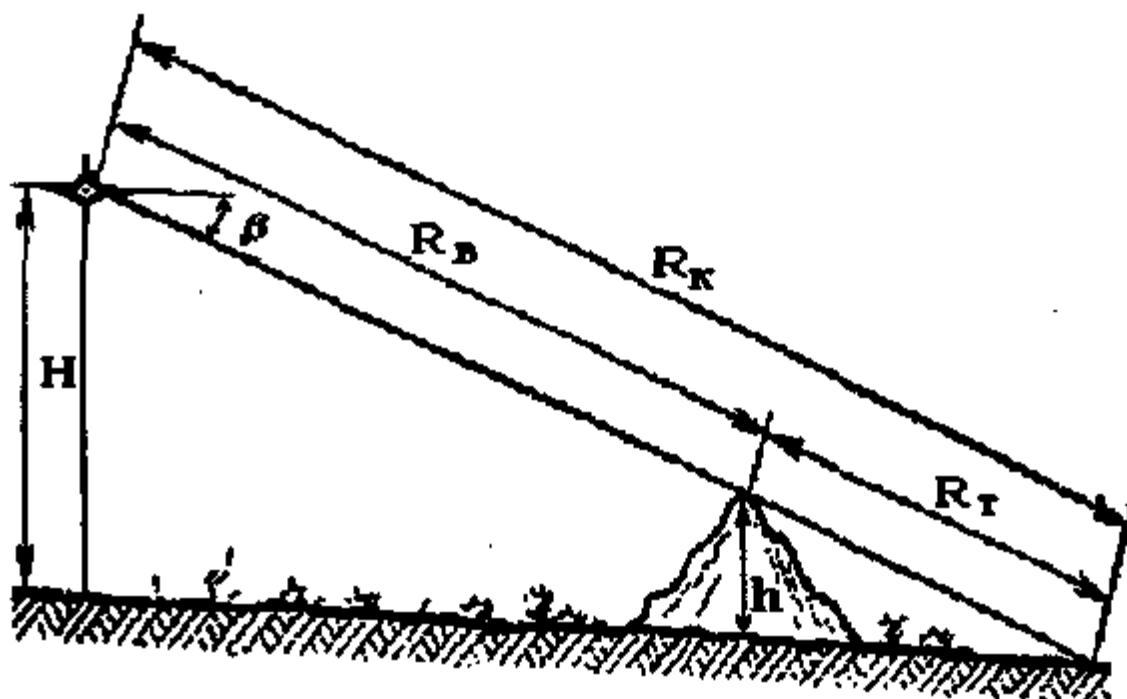


Рис. 39. Определение высоты объекта по радиолокационной тени

Гидрография. Спокойная водная поверхность дает зеркальное отражение электромагнитной энергии, направленное в сторону от РЛС. Поэтому основными признаками гидрографических элементов на РЛ изображениях являются темный фон изображения водной поверхности, а также характерная для рек и озер кривизна береговой линии. Поверхность воды - наиболее неблагоприятный фон для маскировки объектов от радиолокационной разведки. На водной поверхности хорошо выделяются острова, плотины, мосты, пристани, верфи, эллинги, доки, суда. На рис. 40 показано РЛ изображение реки на фоне

холмистой местности, "охватывающей" площадь примерно 18x27 км. Река выделяется черным тоном. Город обнаруживается как скопление ярких отметок. Вдоль холмов на берегу реки видно шоссе. Выделяется граница холмистого района и заливных прибрежных лугов. Реку пересекают два четко выделяющихся моста.

Выявление деталей гидрографической сети зависит от направления облучения. Если линия полета перпендикулярна руслу реки, то на РЛ изображении ширина русла передается без искажений. При полете вдоль русла радиолокационные тени от высоких берегов не позволяют измерить истинную ширину реки. Длинные тени являются признаком высоких обрывистых берегов; короткие тени или их отсутствие свойственны пологим

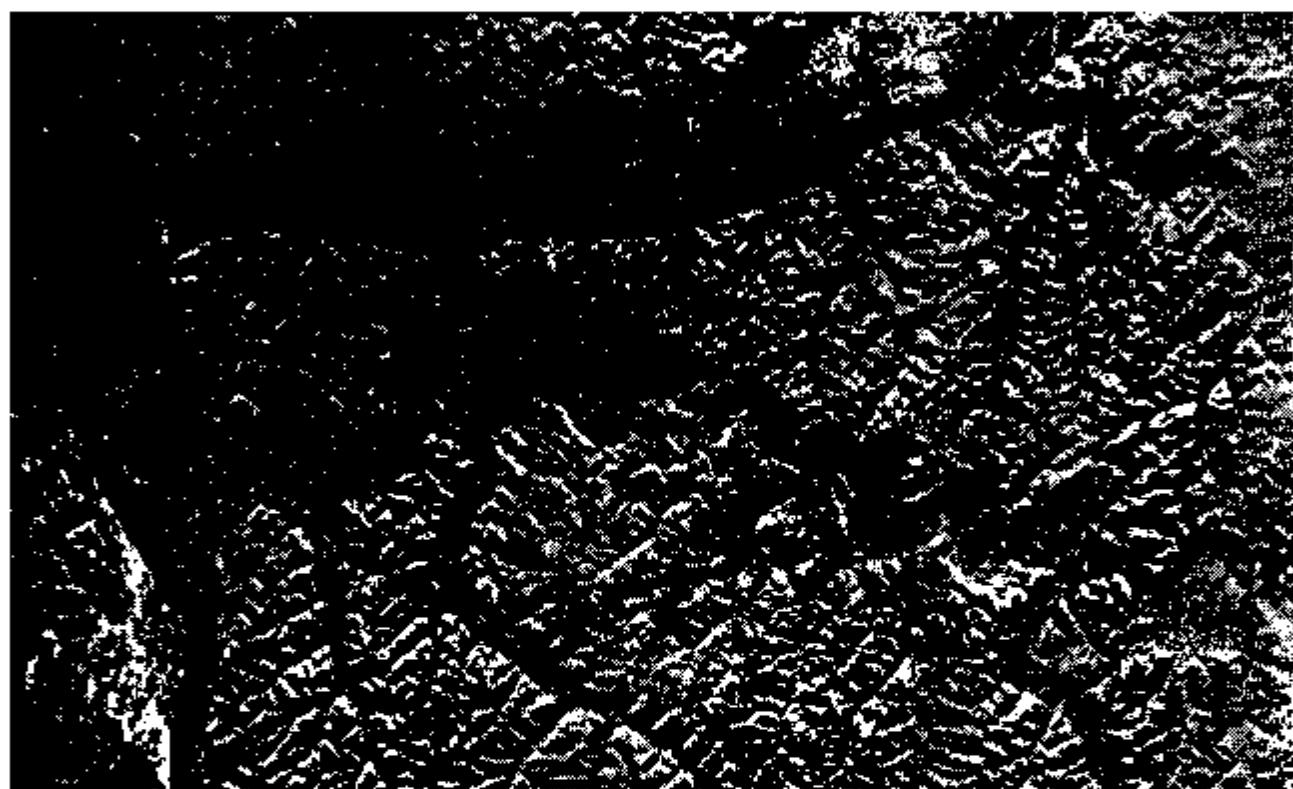


Рис. 40

берегам. Направление течения рек определяется по косвенным признакам, например, по острому углу впадения притоков, тупой форме контуров берегов, направленных против течения.

При волнении водной поверхности на изображении появляется небольшое просветление, снижающее контрастность изображения.

В зимнее время водоемы с плоскими берегами, покрытые льдом и снегом, почти не различаются, так как снежный покров дает слабое отражение в сторону РЛС.

Растительность. Участки местности с травяным покровом создают диффузное отражение электромагнитной энергии умеренной интенсивности.

По тону участков на РЛ изображении можно судить о характере и состоянии растительности. Увлажненные участки отражают сильнее и на изображении выглядят более светлыми. Лесные массивы, кустарники воспроизводятся в виде участков светлого тона с характерной зернистой структурой, вызываемой промежутками между деревьями и кустами, а также тенями от них. Границы леса и кустарника четко очерчиваются и подчеркиваются наличием РЛ теней. Вырубки леса отображаются в виде участков с более светлым тоном. Просеки имеют вид прямых светлых полос. Четкое изображение леса получается на фоне заснеженной равнины. При движении по лесным дорогам войска и техника практически не обнаруживаются.

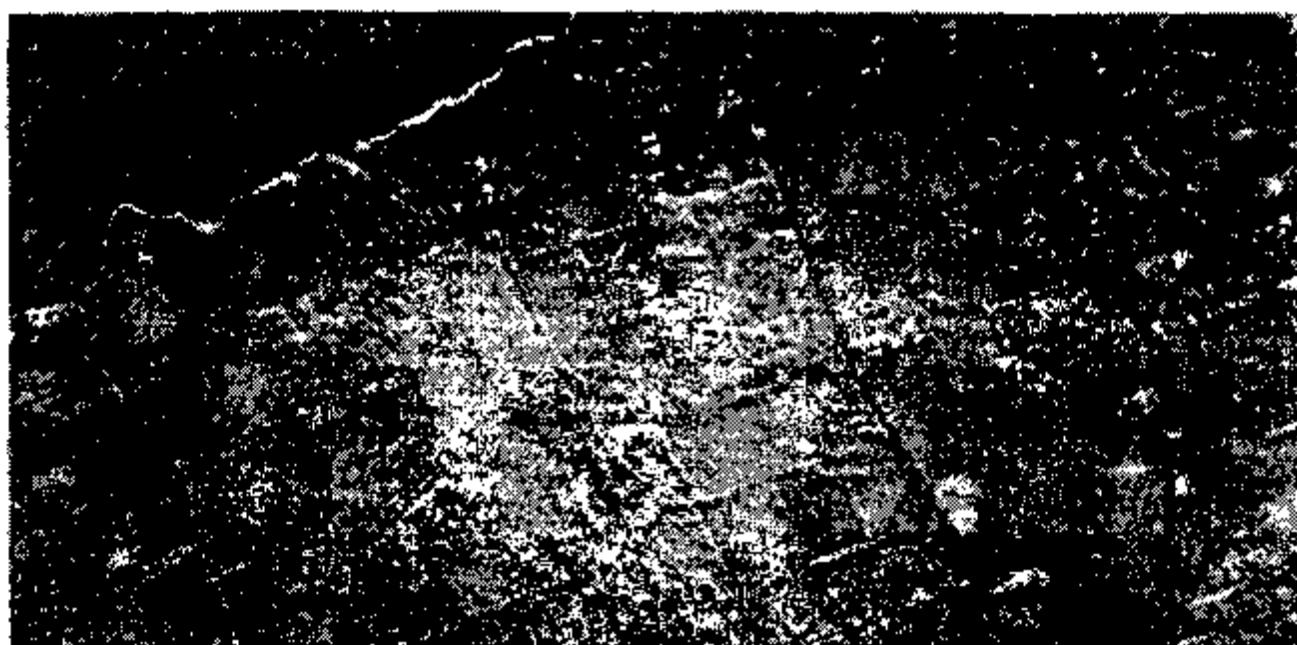


Рис. 41

РЛ изображение местности в районе города показано на рис. 41. Хорошо различаются лесистые и безлесные участки, различный характер растительности, дороги. Интенсивное отражение дает высокий берег водоема. Искусственные насаждения, парки, сады распознаются по светлому тону изображения и характерной прямолинейной форме границ просек и аллей.

Искусственные сооружения и объекты. Искусственные сооружения и объекты дают интенсивное отражение радиоволн и, как правило, хорошо выделяются на РЛ изображениях. Населенные пункты опознаются на РЛ изображениях по светлому тону изображения построек, по характерной структуре изображения, создаваемой рисунком улиц, площадей, кварталов.

Населенные пункты сельского типа отличаются от городских меньшими площадями, небольшим числом улиц, сравнительно малыми

размерами домов, характерной планировкой хозяйственных построек и приусадебных участков.

Дороги на РЛ изображениях выделяются в виде линий или полос значительной протяженности, отличающихся тоном от окружающего фона. Тон изображения зависит от характера покрытия и шероховатости поверхности и может меняться от светло-серого до темно-серого. Основным признаком различия дорог является их линейность и протяженность. Высокие насыпи создают радиолокационные тени. Придорожные кюветы



Рис. 42

дают изображения светлого тона. Характерный вид имеют пересечения с другими транспортными путями по виадукам и развязки типа "клеверный лист". Железнодорожные пути отображаются в виде светлых полос с плавными закруглениями. Облегчают их распознавание косвенные признаки, такие, как разъезды, запасные пути, отметки от опор контактной сети на электрифицированных дорогах. Железнодорожный узел обнаруживается по наличию разветвлений железнодорожных путей.

Высокую интенсивность отражения электромагнитных волн дают мосты и переправы. На РЛ изображениях они видны в виде коротких прямолинейных светлых отрезков, пересекающих темный тон водной поверхности. Мачты высоковольтных линий электропередачи также хорошо заметны в виде светлых точек и распознаются по прямолинейному расположению отметок.

Взлетно-посадочные полосы аэродромов, рулежные дорожки, места стоянок самолетов с искусственным покрытием дают слабое отражение в направлении РЛС и выделяются темным тоном и характерной формой. Групповые взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки и места стоянок

слабо выделяются на окружающем фоне. Аэродромные постройки дают изображение более светлого тона и распознаются по форме, размерам и расположению относительно взлетных полос. При достаточно высоком разрешении РЛС возможно распознавание самолетов по форме и размерам (рис. 42).

Легко распознаются на РЛ изображениях морские порты и базы. Четко выделяются берега бухт, причалы, склады и другие сооружения. Корабли и другие плавсредства видны как в открытом море, так и у причалов. По размерам отметки можно определить класс судна.

Таблица 9

**Характер отражения и тон РЛ изображения
для различных поверхностей**

Вид отражающей поверхности	Характер отражения	Тон РЛ изображения
Гладкая водная	Зеркальный	Темный
Травяной покров	Диффузный умеренной интенсивности с понижением интенсивности при уменьшении влажности	Умеренно темный (темный при малой влажности)
Отдельные группы деревьев	Диффузный высокой интенсивности	Светлый с зернистой структурой
Естественные уголковые отражатели (скальные выступы, рвы)	Интенсивный	Очень светлый
Сельскохозяйственные угодья	Диффузный различной интенсивности (от высокой до низкой)	От умеренно-темного до светлого (характерная прямоугольная форма)

Таблица 10

Интенсивность отражения и характер РЛ изображения для различных объектов

Объекты	Интенсивность отражения	Характер РЛ изображения
Шоссейные дороги	Низкая	Линия с характерными изгибами. По тону слабо отличается от окружающей местности
Железные дороги	Высокая	Линия с характерными изгибами
Мосты, переправы	Высокая	Короткий светлый отрезок прямой, расположенный поперек рек, проливов
Промышленные объекты	Высокая	Площадь светлого тона с резкими границами
Силовые линии электропередачи	Высокая (от металлических опор)	Линейное расположение светлых точек; в лесистых местностях дополняется наличием вырубленной просеки
Аэродромы, ВПП, аэродромные постройки	От поверхности аэродрома и ВПП – низкая, от построек - умеренная	Площадь аэродрома умеренно темная, полностью воспроизводится конфигурация ВПП темного тона, постройки светлые
Самолеты, танки и другая техника	Высокая	Отдельные светлые точки, расположенные на местности в определенном порядке
Корабли	Высокая	Отдельные светлые точки или вытянутые полоски на темном фоне водной поверхности

Промышленные объекты дают интенсивное отражение и выделяются на РЛ изображениях светлым тоном, характерной формой, взаимным

расположением отдельных строений, наличием подъездных путей, погрузочно-разгрузочных площадок, складских помещений и т.д.

Необходимо отметить, что яркость и направление естественного освещения объектов, наличие камуфлирующей окраски, укрытие маскировочными сетями от оптических средств наблюдения и т.д. не влияют на качество РЛ изображений объектов.

Обобщенные результаты анализа характера РЛ изображений местности и объектов и их признаков приведены в таблицах 9 и 10 [10-13].

Глава 9

Демаскирующие признаки и возможные каналы утечки информации источников акустического излучения

Под акустической понимается информация, носителем которой являются акустические сигналы. Акустический сигнал представляет собой возмущения упругой среды, проявляющиеся в возникновении в ней акустических колебаний различной формы и длительности. Акустическими называются механические колебания частиц упругой среды, распространяющиеся от источника колебаний в окружающее пространство в виде волны различной длины.

Первичными источниками акустических колебаний являются механические колебательные системы, а вторичными - преобразователи различного типа, в том числе электроакустические. Последние представляют собой устройства преобразования акустических колебаний в электрические и обратно (пьезоэлементы, микрофоны, телефоны, громкоговорители и т.д.).

В зависимости от формы акустических колебаний различают простые (тональные) и сложные сигналы. Тональный это сигнал, вызываемый колебанием синусоидальной формы. Сложный сигнал включает целый спектр гармонических составляющих.

В зависимости от физической природы возникновения информационных акустических сигналов, среды их распространения и способов перехвата технические каналы утечки акустической информации можно разделить на водные (гидроакустические), воздушные (акустические), вибрационные, электроакустические; оптико-электронные и параметрические.

9.1. Демаскирующие признаки источников гидроакустического излучения

Источниками гидроакустического излучения являются надводные корабли (НК) и подводные лодки (ПЛ), их гидроакустические средства, минно-торпедное вооружение.

Основными демаскирующими признаками НК и ПЛ являются акустическое шумовое поле, создаваемое в водной среде самими НК и ПЛ, а также излучение их активных гидроакустических средств. Существенное влияние на возможность перехвата гидроакустических сигналов и идентификации объектов оказывают характеристики отражения и рассеянная поверхности НК и ПЛ в звуковом, ультразвуковом и инфразвуковом диапазоне, а также маскирующие гидроакустические шумы и затухание акустического поля в водной среде.

9.1.1. Источники корабельных гидроакустических шумов

Шум кораблей, подводных лодок и торпед можно подразделить на три основных класса: шум машин, шум винтов и гидродинамический шум (табл. 11) [14]. Шум машин представляет собой ту часть общего шума подвижного объекта, которая создается установленными на нем машинами и механизмами. Шум винтов является смешанной формой шума, имеющей особенности и природу как шума машин, так и гидродинамического шума. Гидродинамический шум - это шум, создаваемый различными гидродинамическими процессами, возникающими при неравномерном обтекании судна потоком воды.

Таблица 11

Шум	Источник шума
Машин	Машины и механизмы двигательной установки (дизели, основные двигатели, понижающие редукторы); вспомогательные механизмы (генераторы, насосы, оборудование кондиционирования воздуха).
Винтов	Кавитация на лопастях винта или вблизи них; резонансные колебания корпуса корабля, возбуждаемые винтом.
Гидродинамический	Шум, излучаемый потоком; резонансные колебания полостей, пластин и выступающих частей корпуса; кавитация на кронштейнах гребного вала и выступающих частях корпуса.

Шум машин. Шум машин порождается механической вибрацией разнообразных элементов движущегося объекта, передаваемой в воду через его корпус. С помощью различных конструктивных элементов, к которым относятся, например, фундаменты, вибрирующие механизмы соединяются с корпусом.

Источниками вибрации машин могут быть следующие:

- 1) вращение несбалансированных частей машин, например, эксцентричных валов или якорей двигателей;
- 2) наличие повторяющихся толчков и соударений, возникающих, например, при зацеплении зубчатых колес, вращении якорей со щелями в электродвигателях и лопаток турбин;
- 3) возвратно-поступательное движение отдельных частей механизмов типа поршневых машин, приводимых в движение взрывами рабочей смеси в цилиндрах;
- 4) кавитация и турбулентность потока жидкости в помпах, трубопроводах, клапанах и конденсаторных установках;
- 5) механическое трение в подшипниках и цапфах.

Первые три из названных источников создают линейчатый спектр, в котором преобладают тональные составляющие на основных частотах и частотах гармоник процесса, порождающего вибрацию; два других приводят к образованию шума, имеющего непрерывный спектр с наложенными дискретными составляющими в тех случаях, когда в структурных элементах возбуждаются резонансные колебания. Поэтому спектр шума машин движущегося объекта можно представить как суперпозицию непрерывного спектра низкого уровня и сильных дискретных составляющих, образующихся в результате одного или нескольких перечисленных выше процессов, создающих вибрацию.

Схематически источники шума машин на борту дизель-электрического судна показаны на рис.43.

Шум винта. Существенный вклад в шум корабля вносит его винт. На малом ходу корабля винт делает малое число оборотов и шум при этом имеет сравнительно невысокий уровень. С увеличением скорости хода уровень шума растет: давление шума возрастает приблизительно пропорционально скорости хода корабля в третьей степени, т.е.

$$P_{ш} = K v^3 \quad (37)$$

где $P_{ш}$ - давление шума;

K - коэффициент пропорциональности;

v - скорость хода корабля.

При достижении кораблем значительных скоростей хода, на винте и в области воды, близкой к винту, образуются пузырьки газа. Природа происхождения этих пузырьков заключается в том, что при быстром вращении винта на нем создаются области повышенных и пониженных давлений. Пониженное давление (ниже атмосферного) действует так, как будто вода растягивается, и когда силы растяжения превысят силы сцепления молекул воды, происходит разрыв жидкости: создаются полости (по английски cavity, отсюда кавитация), заполняющиеся газом или паром, содержащимся в воде. Подобные пузырьки непрерывно создаются и

исчезают (захлопываются). При захлопывании пузырьков возникают импульсы звукового давления большой амплитуды (порядка десятков атмосфер). Давления эти настолько велики, что под их действием создается мощный шум в широкой полосе частот. Частотный спектр кавитационного шума, возникающего при работе тонального источника звука, показан на рис. 44.

Из сущности образования кавитации должно быть ясно, что с повышением статического давления в области кавитирующего объема, например, в области винта, возникновение кавитации затрудняется. Отсюда можно сделать вывод, что чем больше винт удален от поверхности моря, тем при большей скорости его хода начинает образовываться кавитация. Наряду с кавитационным шумом при вращении винта в нем могут возбуждаться тональные колебания звуковой частоты (пение винта).

Гидродинамический шум. При движении корабля шумит не только винт. Большой вклад в общий уровень шума корабля вносит так называемый гидродинамический шум, возникающий на корпусе корабля при обтекании корпуса водой. Уровень этого шума возрастает с увеличением скорости хода корабля. На корпусе корабля может происходить также кавитация и, следовательно, возникать кавитационный шум.

Величина давления, возникающего на обтекаемой поверхности, связана с динамическим давлением в свободном потоке соотношением [14]:

$$p = 1,5 \cdot 10^{-3} \alpha \rho p_0, \quad (38)$$

где: α - некоторая постоянная, принимающая значения от 0,6 до 4;

ρ - плотность жидкости, p_0 - скорость свободного потока.

Спектры гидродинамического шума имеют плоский участок (ориентировочно до сотен герц) с дальнейшим спадом пропорционально f^3 . С увеличением скорости обтекаемой жидкости уровень плоского участка растет пропорционально кубу, а участок спада спектра - шестой степени скорости.

Важно отметить еще один источник шума - это вибрации отдельных частей корабля и механизмов, которые передаются в воду через корпус корабля и вносят существенный вклад в общее шумовое поле корабля. Именно этими вибрационными шумами обусловливается, повидимому, низкочастотная часть спектра. Итак, шум корабля представляет собой акустические колебания широкого спектра частот, от инфразвуковых до ультразвуковых.



Рис. 43. Основные источники шумов механизмов дизель-электрохода

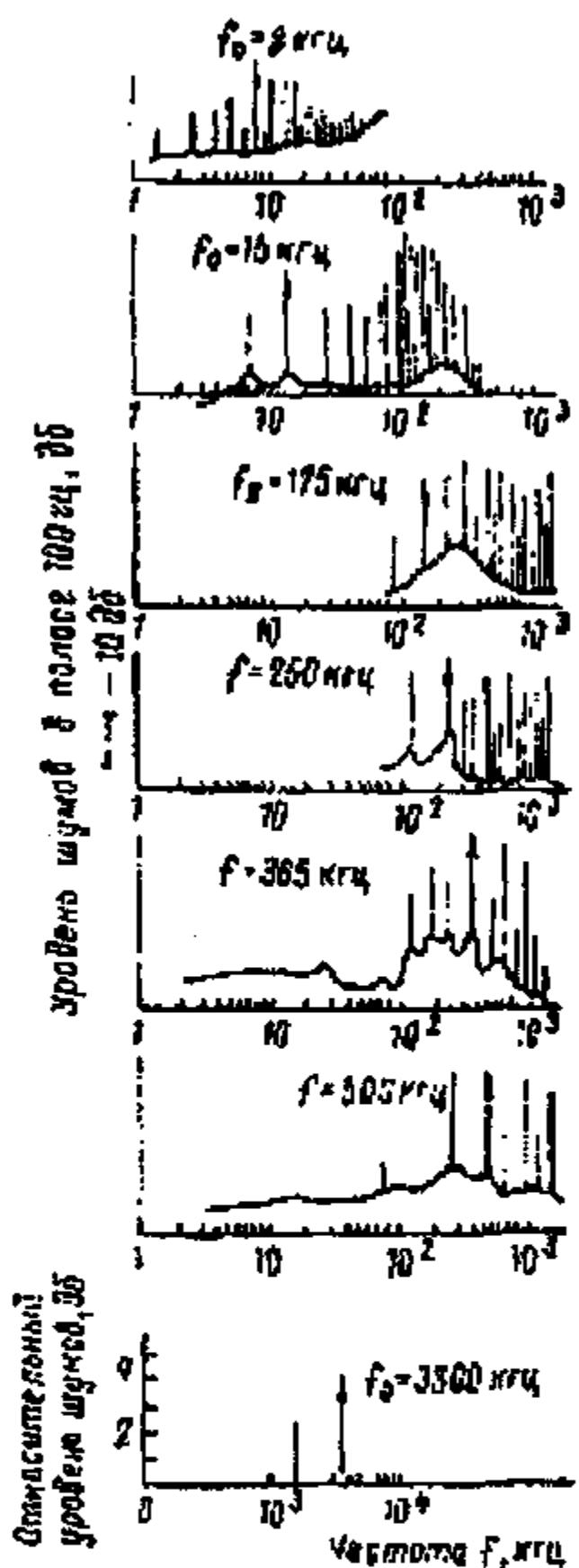


Рис. 44. Спектры кавитационного шума, возникающего при работе тонального источника звука на различных частотах

Наибольшую интенсивность шум корабля имеет, как правило, в области частот от 200 до 3000 Гц.

Шумы разных типов кораблей резко различаются между собой. Это

объясняется тем, что для каждого типа корабля существует неодинаковое распределение интенсивностей отдельных частотных составляющих, входящих в состав спектра шума. Так, транспорт, имеющий машины с малым числом оборотов винта, создает обычно составляющие звуковых колебаний относительно низкой частоты. Для них наибольшая интенсивность шума лежит в низкочастотной области. Корабли, имеющие большое число оборотов винта, например эскадренные миноносцы, торпедные катера, имеют шумы, в которых наибольшей интенсивностью отличаются высокочастотные составляющие. Все механизмы кораблей обладают определенным ритмом, т.е. их громкость, частоты и тембр, или звуковая окраска, создаваемого звука могут периодически меняться по времени. Это все и позволяет определять и отличать один тип корабля от другого.

С увеличением скорости хода интенсивность шума для каждого корабля возрастает. Изменение скорости корабля влияет не только на интенсивность шума, но и на его характер. При большей скорости в шуме увеличиваются гармонические составляющие высокой частоты. Опытный акустик по шуму и его ритму может определить класс корабля, а в некоторых случаях с известной точностью и его скорость. Дело в том, что при вращении винта вместе с движением лопастей возникают колебания давления. Это и позволяет при шумопеленговании различать количество лопастей винта и число его оборотов. Уровень звукового давления гидроакустических шумов в месте расположения средства разведки может быть рассчитан при оценке зон возможного ведения разведки, если известен энергетический спектр шума. Энергетический спектр (спектр мощности) характеризует распределение мощности звука по частотным составляющим и определяется величиной, имеющей размерность $\text{Вт}/\text{см}^2 \cdot \text{Гц}$. Спектральная характеристика шумового поля корабля в области частот от 100 Гц до 10 кГц при скорости корабля от 15 до 24 узлов приблизительно соответствует функции $U = 1/F^2$, то есть спектр мощности шума убывает обратно пропорционально квадрату частоты [15].

Для ориентировочных оценок уровня излучаемого шума НК на расстоянии R можно использовать эмпирические выражения, полученные на основе большого массива экспериментальных данных [16]. Было установлено, что в зависимости от частоты вращения концов лопастей винта V, м/с; - водоизмещения корабля T, т; частоты F, кГц, и расстояния R, м, уровень излучения для усредненного излучаемого шума больших кораблей определяется выражением

$$U_I = 51 \lg V + 15 \lg T - 20 \lg F - 20 \lg R - 11,36. \quad (39)$$

Как выяснилось, эта формула, основанная на результатах 157 измерений на 77 судах различных классов (в основном - торговых судах, танкерах и больших военных кораблях), дает стандартное отклонение от измеренных значений 5,4 дБ. Она применима только на частотах выше 1 кГц, на которых основным источником шума является кавитация на винте. Более удобной

формулой, выраженной в значениях скорости корабля и используемой в том случае, когда информация о скорости концов лопастей винта отсутствует, является выражение

$$УИ=60LgK+9LgT-20LgF-20LgR+33,46, \quad (40)$$

где К - скорость корабля по курсу в узлах.

Установлено, что это выражение соответствует измеренным уровням шумов пассажирских судов, транспортов и боевых кораблей на частоте 5 кГц со стандартным отклонением 5,5 дБ, но малопригодно для торговых судов и танкеров.

Типовые значения средних уровней излучений в полосе 1Гц на расстоянии 0,91 м в дБ относительно 1мкПа для нескольких классов кораблей приведены в таблице 12 [16].

Таблица 12

Частота, кГц	Торговое судно 10 уз	Пассажирское судно 15 уз	Линкор 20 уз	Крейсер 20 уз	Эсминец 20 уз	Корвет 15 уз
0,1	152	162	176	169	163	157
0,3	142	152	166	159	153	147
1,0	131	141	155	148	142	136
3,0	121	131	145	138	132	126
5,0	117	127	141	134	128	122
10,0	111	121	135	128	122	116
25,0	103	113	127	120	114	108

9.1.2. Гидроакустические сигналы

Гидроакустические средства (ГАС), которыми оснащаются различные корабли и суда, формируют, излучают и принимают сигналы, обеспечивающие передачу и получение информации о различных объектах в водной среде.

Гидроакустическим сигналом называют изменяющуюся во времени и пространстве физическую величину - акустическое поле, отображающее полезную информацию совокупностью своих параметров. Гидроакустический сигнал в водной среде представляет собой возбужденную область упругой среды, характеризующуюся пространственно-временным распределением акустических параметров (давления, частоты изменения его во времени).

Гидроакустические сигналы классифицируют по ряду признаков. В соответствии с рис. 45. одним из признаков классификации является объект применения. По этому признаку различают зондирующие сигналы (излучаемые активными ГАС), эхо-сигналы (отраженные от различных объектов), сигналы ГАС связи и управления, сигналы - первичные акустические поля подводных объектов. Различают дискретные и непрерывные сигналы, которые могут быть детерминированными и случайными. Как правило,

сигналы- поля в гидроакустике могут быть непрерывными по пространству и дискретными во времени.



Рис. 45. Классификация сигналов

Сигнал называют детерминированным, или регулярным, если его математическим представлением является заданная функция пространства и времени.

Случайным называют сигнал, математическое описание которого представляет собой случайную функцию пространства и времени.

В гидроакустических сигналах содержится различная информация о характеристиках объектов исследований. Такие характеристики разделяют на пространственные, временные и структурные. К пространственным относят распределение объектов в водной среде, геометрические характеристики отражающих и рассеивающих поверхностей. К временным относят характеристики движения объектов, к структурным характеристикам материалы из которых состоят объекты. В общем случае говорят о пространственно-временных, пространственно-структурных и структурно-временных характеристиках объектов, которые можно определить на основе оценки ряда параметров полезных сигналов.

Основными величинами, характеризующими акустические сигналы, являются:

- ⇒ частота колебаний частиц среды,
- ⇒ фазовая и групповая скорость,
- ⇒ мощность звука,
- ⇒ интенсивность (сила) звука,
- ⇒ плотность звуковой энергии.

Фазовой скоростью волны называют скорость распространения данной фазы колебаний.

Групповой скоростью называют скорость распространения реальной волны, представляющей группу синусоидальных волн в среде, обладающей дисперсией. Групповая скорость определяется по формуле

$$U = V - \lambda \frac{\partial V}{\partial \lambda}, \quad (41)$$

где v - фазовая скорость волны; λ - длина волны; $dv/d\lambda$ - величина, выражающая зависимость фазовой скорости от длины волны.

Диапазон изменения акустического давления и интенсивности в различных акустических процессах весьма широк, и для оценки этих величин удобно применять логарифмические относительные единицы - децибелы (дБ). Логарифмическая децибелльная шкала для измерения интенсивности (давлений) строится по следующему закону:

$$L_p = 10 \lg I/I_0, \quad L_p = 20 \lg p/p_0, \quad (42)$$

где I, p - измеряемая интенсивность, давление; I_0, p_0 - пороговое значение интенсивности, давления.

За нулевой уровень акустического давления принят порог давления, равный $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Этому давлению соответствует интенсивность $I_0 = 10^{-10}$ Вт/м². В отечественной и зарубежной литературе используются также в качестве эталонных величины $p_0 = 0,1$ н/м² (0,1 Па), а также 10^{-6} н/м² (1 мк Па) и соответствующие им интенсивности.

Основными энергетическими характеристиками сигнала, рассматриваемого в функции времени, являются мгновенная (текущая) мощность $P(t)$, энергия E и средняя мощность в некотором интервале времени $t_a \leq t \leq t_b$.

Мгновенной мощностью сигнала $s(t)$ называют величину $P(t) = s^2(t)$.

Энергией сигнала в интервале $t_a \leq t \leq t_b$ называют величину

$$E = \int_{t_a}^{t_b} P(t) dt = \int_{t_a}^{t_b} S^2(t) dt \quad (43)$$

Средней мощностью в интервале $t_a \leq t \leq t_b$ называют величину

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_{t_a}^{t_b} S^2(t) dt; \quad T = t_b - t_a \quad (44)$$

В отличие от мгновенной мощности, средняя мощность и энергия суммы сигналов могут быть аддитивными. Это происходит, если сигналы ор-

тогональны (в функциональном пространстве они изображаются перпендикулярными векторами).

Взаимной мощностью двух сигналов называют

$$P_{1,2} = \frac{1}{T} \int_{t_a}^{t_b} S_1(t)S_2(t)dt \quad (45)$$

Мощность, приходящаяся на единичную полосу частот, называют спектральной плотностью мощности P_f .

9.1.3. Характеристики объектов гидролокационного наблюдения

Все множество реальных объектов гидролокационного наблюдения можно разделить на определенное число классов и подклассов, используя геометрический подход. Соответствующая классификационная схема дана на рис.46.

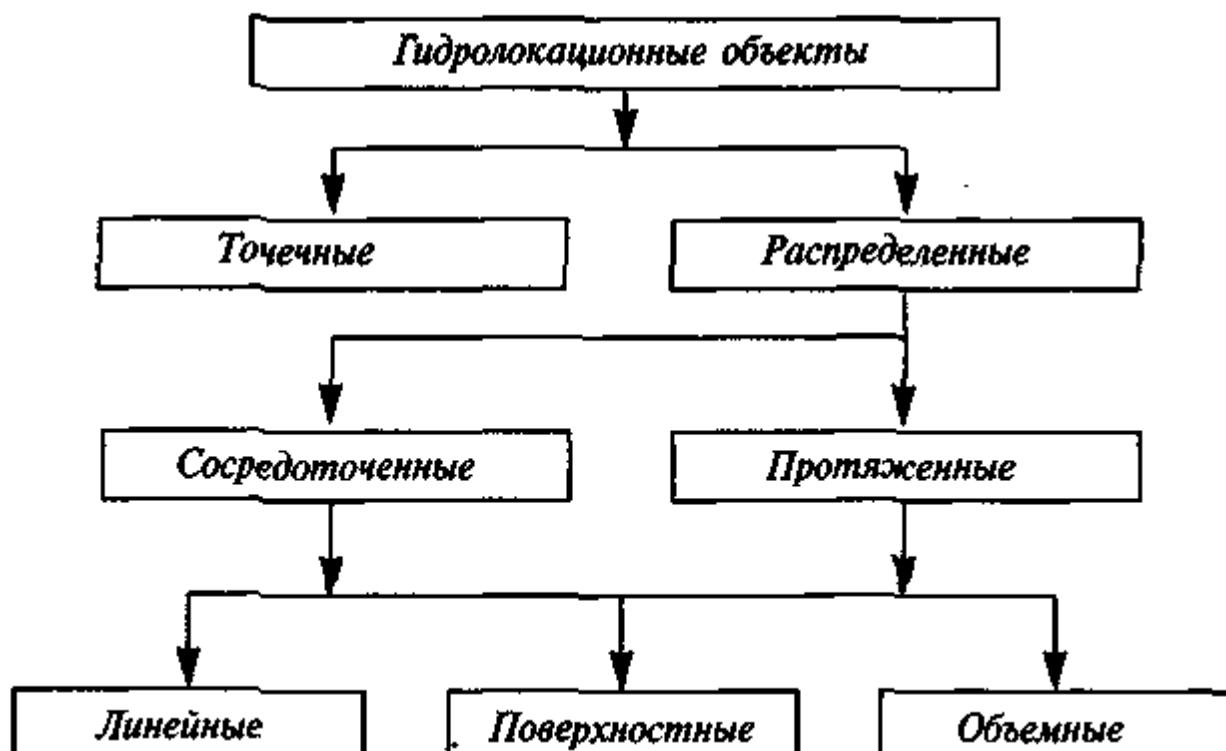


Рис. 46. Схема классификации гидролокационных объектов

Гидролокационный объект (ГЛО) считается точечным, если выполняются условия: $\Delta D_0 \ll \Delta D_c$, $\Delta \phi_0 \ll \Delta \phi_c$, $\Delta \theta_0 \ll \Delta \theta_c$.

где ΔD , $\Delta \phi$ и $\Delta \theta$ - соответственно протяженность и угловые размеры в горизонтальной и вертикальной плоскостях объекта (индекс 0) и элемента

разрешения гидролокационного средства (ГЛС) (индекс с). При известной дистанции до объекта D_0 соответствующие угловые и линейные размеры взаимосвязаны соотношением

$$\Delta L_{\phi,\theta} = 2D_0 \operatorname{tg}[\Delta(\phi,\theta)/2]. \quad (46)$$

Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то ГЛО относится к распределенным. При этом можно выделить подклассы сосредоточенных и протяженных ГЛО. У первых максимальный размер соизмерим с соответствующим размером элемента разрешения, а у вторых хотя бы один из размеров намного превышает последний.

Протяженность цели - важный характерный признак, позволяющий отличить, например, подводную лодку от ложной цели. Она определяется пеленгованием левого и правого срезов цели, а измеряется в градусах. Подводная лодка имеет определенную протяженность в зависимости от расстояния до нее. Если протяженность цели больше предполагаемой, можно сделать вывод, что это ложная цель, например косяк рыбы или какое-то подводное препятствие.

Распределенные ГЛО можно рассматривать как совокупность отдельных элементов, каждый из которых представляет собой точечный ГЛО. Такая совокупность в общем случае может характеризовать линейную, плоскую или объемную фигуру. Поэтому указанные выше подклассы можно разделить на группы линейно-поверхностно и объемно-распределенных объектов.

Ввиду сложности картины поля, рассеянного реальными объектами локации, последние принято аппроксимировать эквивалентными по отражающей способности телами простой формы, например, сферой.

За эффективный (эквивалентный) радиус R_e объекта, принимают радиус такой полностью отражающей ультразвук сферы, которая на расстоянии, равном расстоянию до отражающего объекта, создает в точке приема сигнал, интенсивность которого равна интенсивности эхо-сигнала от объекта.

Кроме эффективного радиуса R_e ГЛО принято характеризовать также эффективной площадью рассеяния (ЭПР). Исходя из известной формулы

$$\sigma = \pi R_e^2, \quad (47)$$

получим

$$T_s = 10 \lg(\sigma / 4\pi) = 20 \lg(R_e / 2). \quad (48)$$

Отсюда видно, что величина T_s представляет собой выраженное в децибелах отношение интенсивностей эхо-сигнала и сигнала от сферы с $R_e=2$ м. Величина T_s называется силой цели. Сила цели идеальной сферы, радиус которой равен 2 м, равна нулю децибел.

График, связывающий силу цели, в децибелах и радиус эквивалентной сферы в метрах, приведен на рис. 47. [15] Сила цели различных объектов определяется экспериментально в море. Результаты экспериментальных измерений имеют большой разброс по следующим причинам:

- ⇒ незнание с необходимой точностью закона распространения акустической волны в водной среде;
- ⇒ неточное знание коэффициента затухания;
- ⇒ флюктуации акустического сигнала в водной среде.

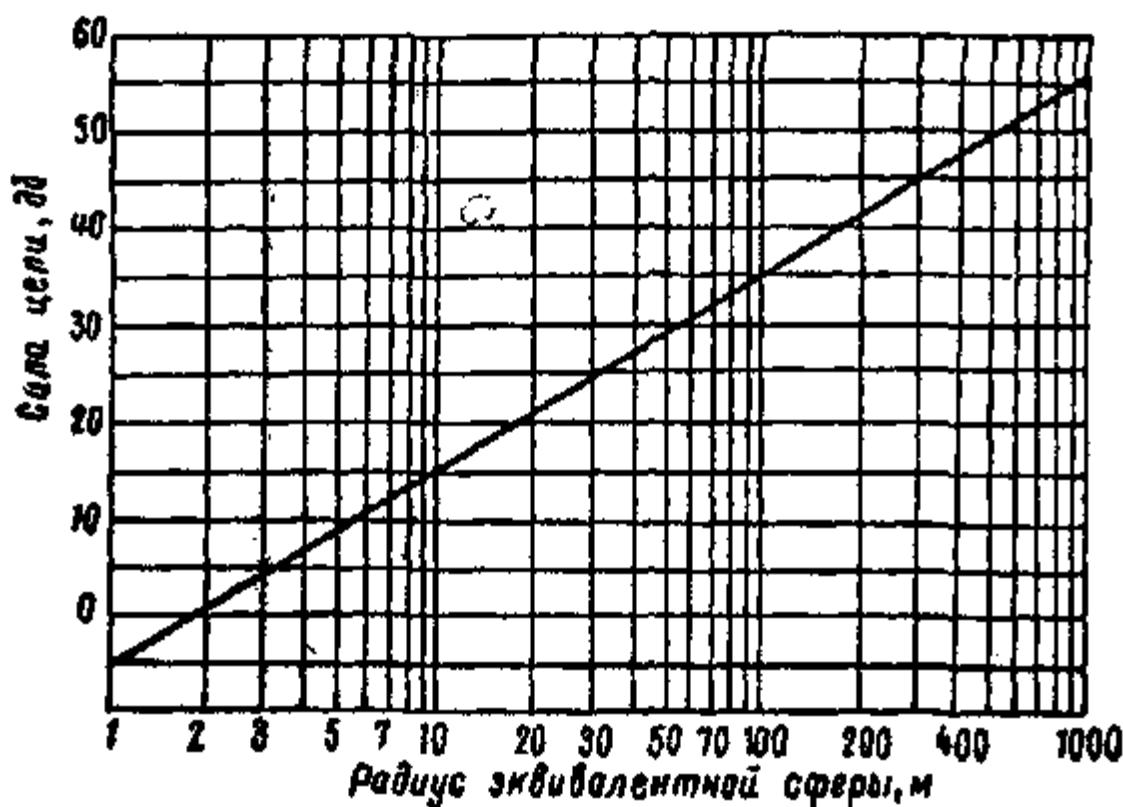


Рис. 47. Соотношение между величиной силы цели и радиусом эквивалентной сферы

Кроме того, сила цели зависит от частоты зондирующего сигнала, скорости хода корабля, а также курсового угла. Зависимость силы цели от частоты связана, по-видимому, с отражением акустической волны как от частей корабля больших размеров, так и от частей корабля малых размеров по сравнению с длиной волны.

Сила цели, как показывает опыт, возрастает с увеличением скорости хода корабля, что обуславливается образованием промежуточного разреженного слоя у корпуса обтекаемого водой объекта с одной стороны, и созданием более мощной кильватерной струи, отражающей акустическую волну, с другой. Зависимость силы цели от курсового угла показана на рис. 48.

Из этого графика видно, что сила цели подводной лодки, облучаемой по носу, составляет 12дБ, что соответствует радиусу эквивалентной сферы 8 м. В случае облучения подводной лодки поперек борта, сила цели составляет в среднем 25дБ, что соответствует радиусу эквивалентной сферы 35 м.

Факторы, влияющие на силу цели надводных кораблей те же, что и для подводных лодок.

По данным непосредственных измерений [17] сила цели для эскадренного миноносца при бортовом облучении составляет приблизительно 14-27дБ и при небортовом облучении 15-25дБ. Для транспорта типа "Либерти" сила цели при курсовых углах 60-140° лежит в пределах 20-30дБ.

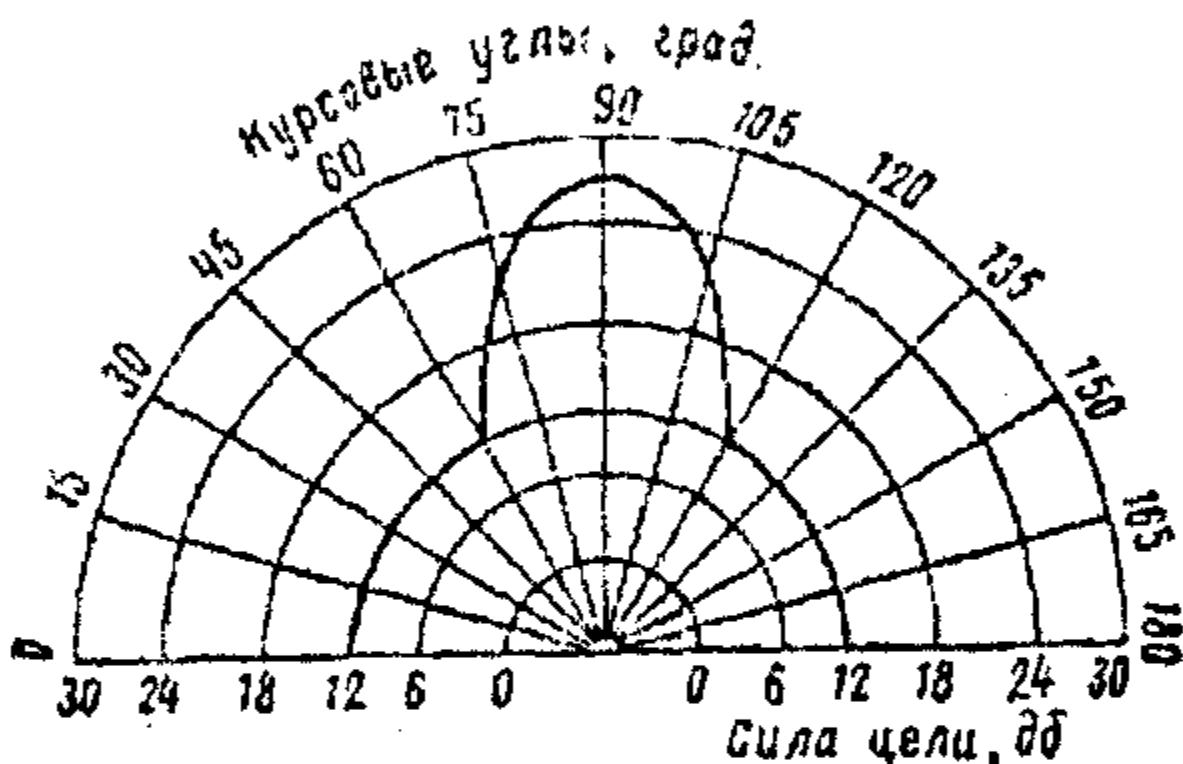


Рис. 48. Примерный график зависимости силы цели подводной лодки от курсового угла

Для надводных кораблей более существенную роль, по-видимому, играет скорость хода, поскольку на корпусе надводных кораблей, мало удаленном от поверхности воды по сравнению с подводными лодками в погруженном состоянии, возможно более обильное образование пузырьков кавитационного и другого происхождения.

Несмотря на то, что результаты экспериментальных измерений силы цели имеют большой разброс, тем не менее в качестве отправных значений при ориентировочных оценках можно использовать данные, приведенные в таблице 13 [16,18]. Здесь l -длина объекта, λ -длина акустической волны.

Таблица 13

Ориентировочная сила обратного рассеяния звука различными объектами

Зона зависимости от длины волны	Участок диапазона	Закон пропорциональности	Объект	Ракурс	Значение силы цели дБ
Распределенные объекты					
Геометрическая зона	$l \geq 100\lambda$	$1/\lambda^2$	Подводные горы Ровное дно Причал (вертикальная стенка) Плотная стая рыб Звукорассеивающий слой Неоднородности поля скорости звука	Вертикальный угол >> >> Траперз	+10 -10 +10 (-10)-(-20) (-40)-(-60) (-70)-(-80)
Точечные объекты					
Промежуточная зона	$8\lambda < l < 100$	Разница между тах и штп до 20 дБ	Подводные лодки Надводные корабли, суда, платформы Малые глубоководные аппараты Корабли на подводных крыльях Мины Торпеды Подводные гловцы Морские крупные рыбы, отдельные животные Рыбы, морские организмы Воздушные пузырьки Твердые частицы	Траперз Нос-корма Промежуточные углы Траперз Промежуточные углы Траперз >> >> Вне Траперз Нос-корма Произвольный Вертикальный Произвольный >> >>	+25 +10 +15 +25 +15 +10 +5 +10 +10 -25 -20 -15 (-20)-(40) (-30)-(-40) (-60)-(-80) -70
Релаксская зона	$l < \lambda$	$1/\lambda^4$			

9.1.4. Маскирующие гидроакустические шумы

Прием информационных гидроакустических сигналов всегда осуществляется на фоне помех, которые оказывают маскирующее действие к уменьшают вероятность обнаружения и распознавания источников гидроакустических сигналов.

В общем случае маскирующее действие оказывают: шумы морской среды, излученные шумы носителя гидроакустических средств разведки, излученные шумы других кораблей и судов, а также сигналы активных гидроакустических средств других носителей, находящихся в данном районе. Шумы среды выступают в качестве естественного поля помех, не поддающегося регулированию и определяющего возможности гидроакустических средств разведки.

В настоящее время принята следующая классификация шумов морской среды [16, 19]:

- ⇒ динамические шумы, обусловленные динамикой морских волн, турбулентных потоков в воде и атмосфере, шумом прибоя, подводным шумом дождя, естественной кавитацией и т.д.;
- ⇒ подледные шумы, возникновение которых связано с образованием и динамикой ледового покрова, взаимодействием его неровностей с ветром и подводными течениями;
- ⇒ биологические шумы, создаваемые различными представителями морской фауны;
- ⇒ сейсмические шумы, вызванные тектонической и вулканической деятельностью, а также сопровождающие образование волн цунами и т.д.;
- ⇒ технические шумы, являющиеся следствием деятельности человека, в том числе шумы судоходных трасс, шумы в гаванях и прибрежных районах от технических сооружений и т.д.

Собственный шум моря (без учета биологического шума морских животных) охватывает очень широкий диапазон частот: от единиц через до десятков килогерц.

Минимальный уровень шума моря обусловлен тепловым возбуждением среды, причем, как указывается в [20] тепловой шум возрастает с частотой согласно следующей зависимости:

$$N = 101 + 20 \log f, \quad (49)$$

где N-уровень теплового шума в децибеллах относительно начального уровня $p_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ дин/см², отнесенный к полосе в 1 Гц^{1/2};

f-частота в Гц.

Так, например, на частоте 10 кГц тепловой шум составляет N=21 дБ

или $p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-1} = 2 \cdot 10^{-5}$ дин/Гц^{1/2}см², тогда как на частоте 100 Гц $N = -61$ дБ; $p_0 \approx 2 \cdot 10^{-10}$ дин/Гц^{1/2}см².

Тепловой шум возрастает с частотой 6 дБ на октаву, оставаясь пре-небрежимо малым вплоть до частот 10 кГц.

Другими источниками шума моря при спокойной поверхности является колебания пузырьков газа, насыщающих морскую воду, концентрация которых наибольшая у поверхности моря. Под воздействием даже несильного ветра, когда море можно считать спокойным, пузырьки газа совершают свободные и вынужденные колебания. Частота собственных колебаний газового пузырька определяется формулой

$$f = 330/r \text{ Гц}, \quad (50)$$

где r -радиус пузырька, см.

В приповерхностном слое воды наблюдаются наиболее крупные пузырьки газа диаметром порядка 0,4 мм. Следовательно, наиболее низкая частота шума, обусловленная колебаниями пузырьков, может составить

$$f = 330/0,02 = 1650 \text{ Гц}.$$

Однако наряду с выделением газовых пузырьков из перенасыщенной газом жидкости при изменении температуры (размер этих пузырьков, по-видимому, невелик), в море существуют пузырьки кавитационного происхождения. Их появление связано с действием ветра. Эти пузырьки более крупные и, как указывается в [21], их появление и захлопывание связано с происхождением колебаний значительной силы в области частот 50 Гц - 10 кГц. Можно ожидать, что уровень шума колеблющихся пузырьков возрастает с частотой.

Существенный вклад в общий уровень шума моря дает шум, возникающий от струй и капель, появляющихся при волнении моря. Уровень этого шума имеет максимум в области частот 100-1000 Гц со спадом 6 дБ на октаву в области частот выше 1000 Гц.

Область низких частот шума моря обусловлена турбулентным движением воды под воздействием волнения и связанным с этим изменением уровня воды, приводящим к изменению статического давления, действующего на приемник звука. На очень низких частотах в области 1-100 Гц возможны шумы сейсмического происхождения.

В районах, покрытых льдом, достаточно высокий уровень шума создается передвижкой и потрескиванием льда; наибольший уровень шума отмечается от передвижки битого льда у кромки сплошного ледового поля.

В заключение отметим, что все источники собственного шума моря еще не изучены в достаточной степени, чтобы дать исчерпывающие характеристики по спектральной плотности шума каждого из них. Однако можно привести спектр суммарного шума измеренного в области от 0,1 до 20 кГц в

зависимости от волнения моря относительно $p_0=2 \cdot 10^{-4}$ дин/см² [21]. Эти данные представлены на рис.49

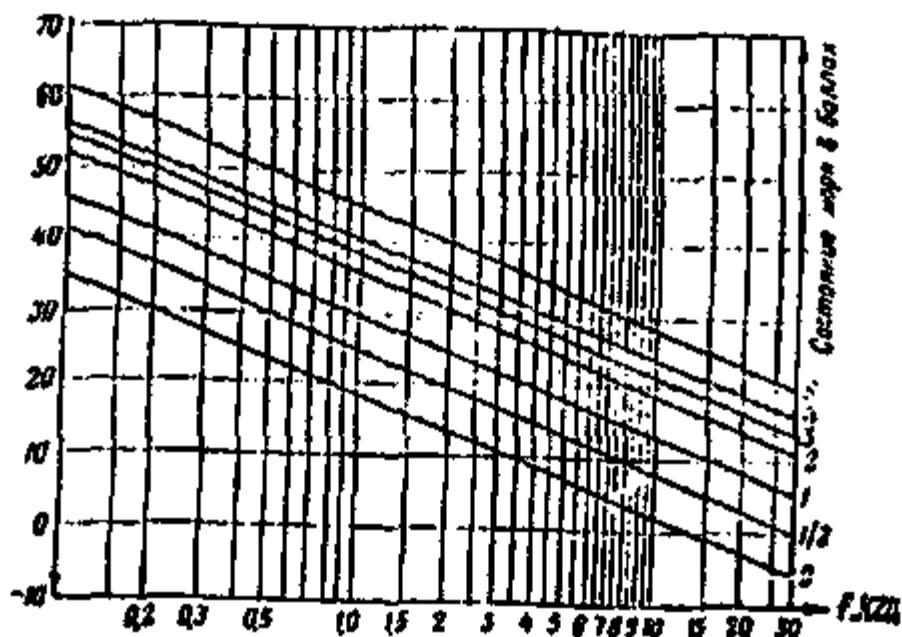


Рис. 49. Зависимость уровня звукового давления, создаваемого шумом моря, от частоты

Источником шума в водной среде могут быть и живые организмы - большое количество позвоночных и ракообразных, находящихся обычно в мелких водах тропиков и субтропиков.

Звуки морских организмов в целом охватывают диапазон от 63 до 10000 Гц.

9.1.5. Затухание акустического поля

Известно, что с увеличением расстояния от источника акустических сигналов звуковое давление, которое количественно характеризует акустическое поле, уменьшается.

При анализе демаскирующих признаков источников гидроакустических сигналов и оценке возможности их обнаружения и распознавания необходимо учитывать ослабление информационного акустического поля с расстоянием.

Для сферической волны энергия излучения расходуется на приведение в колебательное движение частиц среды, расположенных на сферической поверхности. При увеличении расстояния эта поверхность увеличивается, а так как частиц становится больше, то на каждую из них приходится меньше энергии. Вследствие этого амплитуда колебаний каждой частицы Среды уменьшается, а следовательно, уменьшается и звуковое давление.

Величина сферической волновой поверхности увеличивается пропорционально квадрату радиуса, следовательно, интенсивность сферической волны убывает обратно пропорционально квадрату расстояния.

Таким образом, основной причиной уменьшения интенсивности и звукового давления является расширение фронта волны.

Величина волновой поверхности для плоской волны не меняется с увеличением расстояния от источника поэтому интенсивность звука с увеличением расстояния, казалось бы, также не должна уменьшаться. Но это верно лишь для малых расстояний, так как на больших расстояниях от источника интенсивность и звуковое давление уменьшаются в основном за счет поглощения волн, т.е. превращения звуковой энергии в тепловую, а также за счет рассеяния, т.е. отражения звуковых волн от различных неоднородностей в воде. Наличие поглощения наблюдается как для плоских, так и для сферических волн.

Поглощение волн происходит по ряду причин. Одна из них - поглощение звуковой энергии в однородной среде, вызываемое вязкостью среды и возникающими в связи с этим тепловыми потерями при трении частиц среды друг о друга во время сжатия их звуковой волной. В морской воде содержатся различные твердые частички, микроорганизмы (фитопланктон, зоопланктон), газовые пузырьки. Энергия акустической волны, проходя через неоднородную среду, дополнительно поглощается. Это поглощение вызывается в первую очередь тепловыми потерями энергии, затрачиваемой на сжатие и разрежение газовых пузырьков. Чем выше частота, тем больше поглощение звуковой энергии различными неоднородностями, находящимися в воде.

Кроме этого, при распространении волны часть ее энергии рассеивается за счет отражения в разных направлениях различными неоднородностями и газовыми пузырьками. Таким образом, звуковые колебания, излученные в определенном направлении, становятся ненаправленными, хаотическими, вследствие чего энергия акустического поля рассеивается во все стороны.

Затухание звуковых колебаний, обусловленное поглощением и рассеянием энергии газовыми пузырьками и другими неоднородностями, определяется экспериментально и зависит от района моря и времени года. Особенно сильно поглощают энергию акустических волн резонирующие пузырьки, собственная частота колебаний которых совпадает с частотой звуковой волны. Радиус резонирующего пузырька определяется по формуле (50). Из формулы видно, что чем меньше радиус пузырька, тем на большей частоте он резонирует, а следовательно, и поглощает энергию. Маленькие пузырьки воздуха, обладая малой подъемной силой, способны длительное время оставаться на глубине. Отсюда ясно, почему на более высоких частотах поглощение больше. Обычно величина затухания в измеряется в

дбцибалах на километр (дБ/км). Коэффициент затухания β вычисляется по одной из следующих экспериментальных формул:

$$\beta = (0,16f + 0,0016f^2) \text{дБ/км}; \quad (51)$$

$$\beta = (0,36f^{1/2}) \text{дБ/км}; \quad (52)$$

В обоих случаях f - частота звуковых колебаний, выражена в килогерцах. Коэффициент затухания β имеет следующие средние значения в зависимости от частоты (таблица 14)

Таблица 14

$f, \text{кГц}$	10	14	20	40	50	60	80	100	500
$\beta, \text{дБ/км}$	3,3	4,4	6,6	11	14	20	23	30	165

Из таблицы видно, как значительно возрастает затухание с увеличением частоты. Поэтому диапазон частот выше 30-40 кГц используется в гидроакустике только в специальных случаях.

9.2. Каналы утечки информации через воздушную среду

При ведении акустической разведки средой распространения акустических информационных сигналов является воздух. Источниками информации в этом случае являются речевые сигналы, возникающие при ведении разговоров, и шумовое акустическое излучение, создаваемое работающими двигателями, военной техникой, вооружением, взрывами и т.д. Для перехвата речевой информации используются миниатюрные высокочувствительные микрофоны. Схемы воздушных технических каналов утечки информации показаны на рис. 50 и 51 [22]. Миниатюрные микрофоны могут объединяться с портативными звукозаписывающими устройствами (диктофонами) или специальными миниатюрными передатчиками.

Автономные устройства, конструкционно объединяющие миниатюрные микрофоны и передатчики, называются закладными устройствами перехвата речевой информации, или просто акустическими закладками.

Перехваченная закладными устройствами речевая информация может передаваться по радиоканалу, оптическому каналу, по сети переменного тока, соединительным линиям вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), посторонним проводникам (трубам водоснабжения и канализации, металлоконструкциям и т.д.).

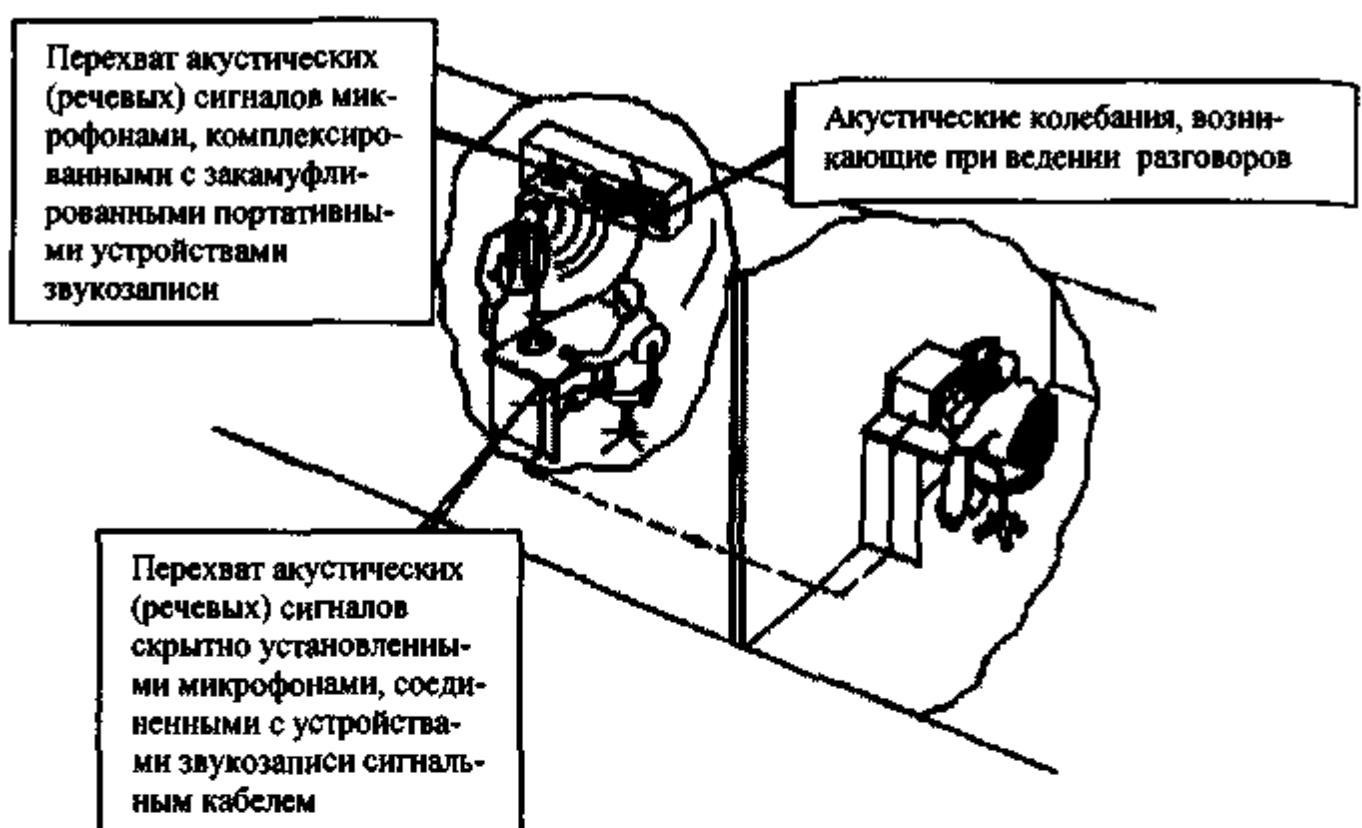


Рис. 50. Перехват акустических сигналов микрофонами, комплексированными с портативных устройств звукозаписи

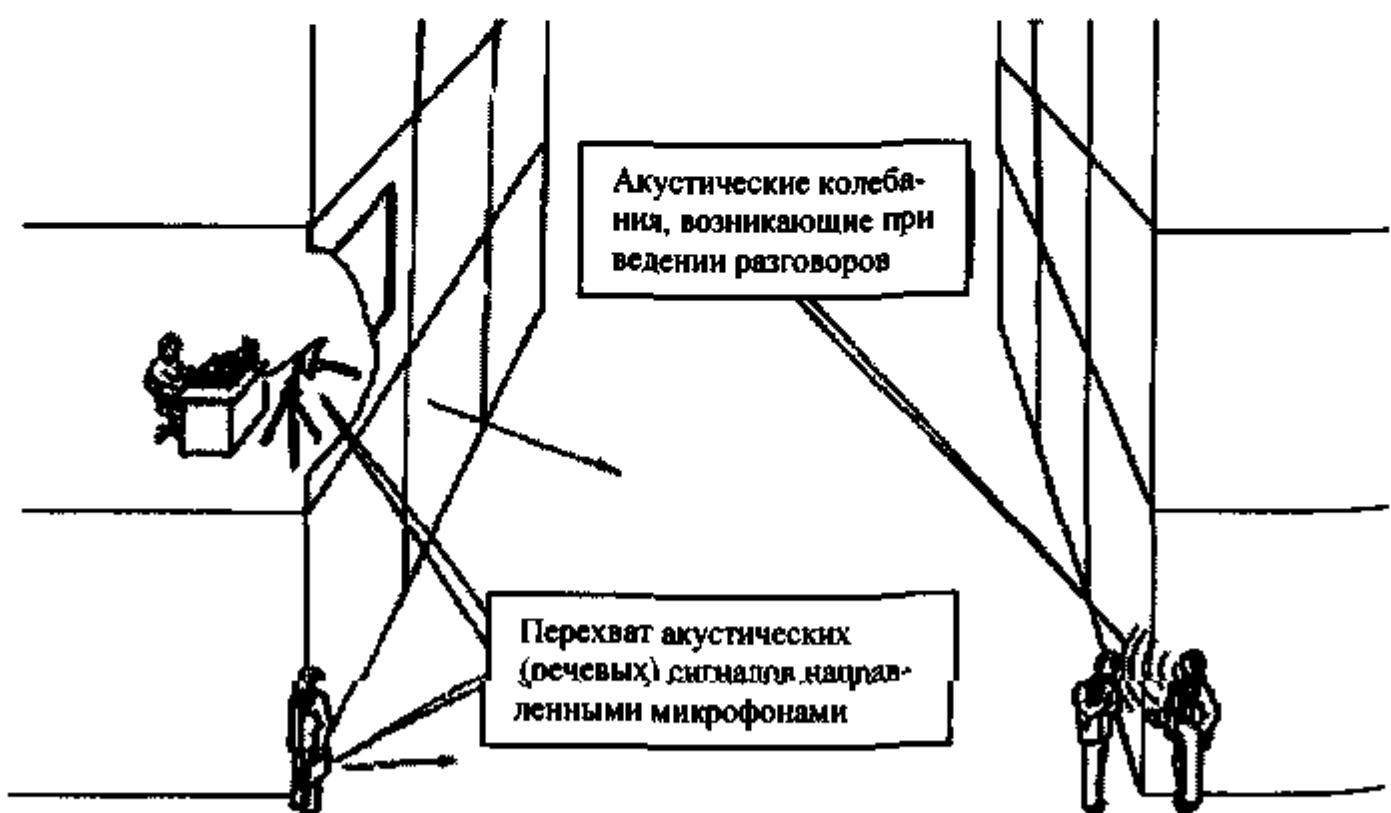


Рис. 51. Перехват акустических сигналов направленными микрофонами

Прием информации, передаваемой закладными устройствами, осуществляется, как правило, на специальные приемные устройства, работающие в соответствующем диапазоне.

Однако встречаются закладные устройства, прием информации с которых можно осуществлять с обычного телефонного аппарата. Такие устройства устанавливаются или непосредственно в корпусе телефонного аппарата, находящегося в контролируемом помещении, или подключаются к телефонной линии, чаще всего к телефонной розетке. Подобное устройство конструкционно объединяет миниатюрный микрофон и специальный блок коммутации. Блок коммутации подключает микрофон к телефонной линии при звонке или подаче в линию специального кодированного сигнала.

Использование портативных диктофонов и акустических закладок требует проникновения на контролируемый объект (в помещение). В том случае, когда это не удается, для перехвата речевой информации используются направленные микрофоны.

Для приема, регистрации и анализа акустических сигналов, присущих промышленным и военно-промышленным объектам, а также различным видам военной техники, применяются комплекты звуко- и виброизмерительных приборов, в состав которых входят:

- конденсаторные измерительные микрофоны, обеспечивающие прием акустических колебаний в диапазоне частот от 0,01 Гц до 140 кГц;
- импульсные прецизионные шумомеры, предназначенные для измерений звука и вибрации.

9.3. Каналы утечки информации вибрационного типа

В вибрационных технических каналах утечки информации средой распространения акустических сигналов являются конструкции зданий, сооружений (стены, потолки, полы), трубы водоснабжения, отопления, канализации и другие твердые тела. Для перехвата акустических колебаний в этом случае используются контактные микрофоны (стетоскопы). Возможный вариант схемы вибрационных технических каналов утечки информации представлен на рис. 52 [22].

Контактные микрофоны, соединенные с электронным усилителем, называют электронными стетоскопами.

По вибрационному каналу возможен также перехват информации с использованием закладных устройств. Для передачи информации в этом случае используется радиоканал, поэтому такие устройства часто называют радиостетоскопами. Возможно использование закладных устройств с передачей информации по оптическому каналу, а также по ультразвуковому каналу (по металлоконструкциям зданий).

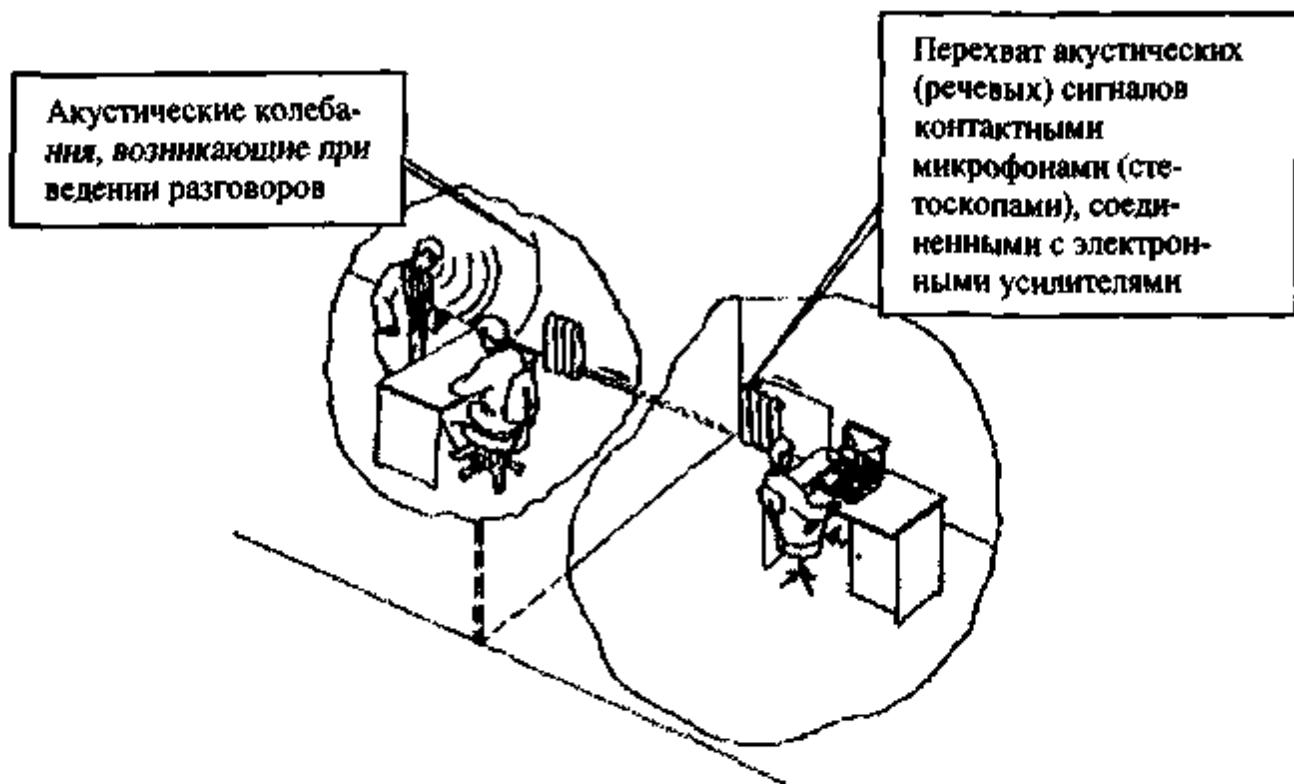


Рис. 52. Перехват акустических (речевых) сигналов электронными стетоскопами

9.4. Каналы утечки информации электроакустического типа

Электроакустические технические каналы утечки информации возникают в результате преобразования акустических сигналов в электрические. В результате возможен перехват акустических сигналов через ВТСС, обладающих микрофонным эффектом (рис.53.), а также путем “высокочастотного навязывания” (рис.54.) [22].

Некоторые элементы ВТСС, в том числе трансформаторы, катушки индуктивности, электромагниты вторичных электрочасов, звонковых цепей телефонных аппаратов, дроссели ламп дневного света, электрореле и т.д. обладают свойствами изменять свои параметры (емкость, индуктивность, сопротивление) под воздействием акустического поля. Изменение параметров приводит или к появлению на данных элементах ЭДС, изменяющейся по закону действующего информационного акустического поля, или к модуляции токов, протекающих по этим элементам, информационным сигналом. Например, акустическое поле, воздействуя на якорь электромагнита звонковой цепи, вызывает его механическое колебание. В результате изменяется магнитный поток сердечника электромагнита, что вызывает появление ЭДС самоиндукции в обмотке магнита, которая изменяется по закону изменения акустического поля.



Рис. 53. Перехват акустических (речевых) сигналов через ВТСС, обладающих “микрофонным эффектом”

ВТСС, кроме указанных элементов, могут содержать непосредственно электроакустические преобразователи. К таким ВТСС относятся датчики пожарной сигнализации, громкоговорители трансляционной сети и т.д. Эффект преобразования акустических колебаний в электрические называется “микрофонным эффектом”. Причем из ВТСС, обладающих “микрофонным эффектом”, наибольшую чувствительность к акустическому полю имеют абонентские громкоговорители и некоторые датчики пожарной сигнализации.

Перехват акустических колебаний в данном канале утечки информации осуществляется путем непосредственного подключения к соединительным линиям ВТСС, обладающих “микрофонным эффектом”, специальных высокочувствительных низкочастотных усилителей. Подсоединяя такие устройства к соединительным линиям телефонных аппаратов с electromechanicalными вызывными звонками, можно прослушивать разговоры, которые ведутся в помещениях, где установлены телефонные аппараты.

Технический канал утечки информации путем “высокочастотного навязывания” может быть осуществлен путем несанкционированного контактного введения токов высокой частоты от соответствующего генератора в линию, имеющую функциональные связи с нелинейными или

параметрическими элементами ВТСС, на которых происходит модуляция высокочастотного сигнала информационным.

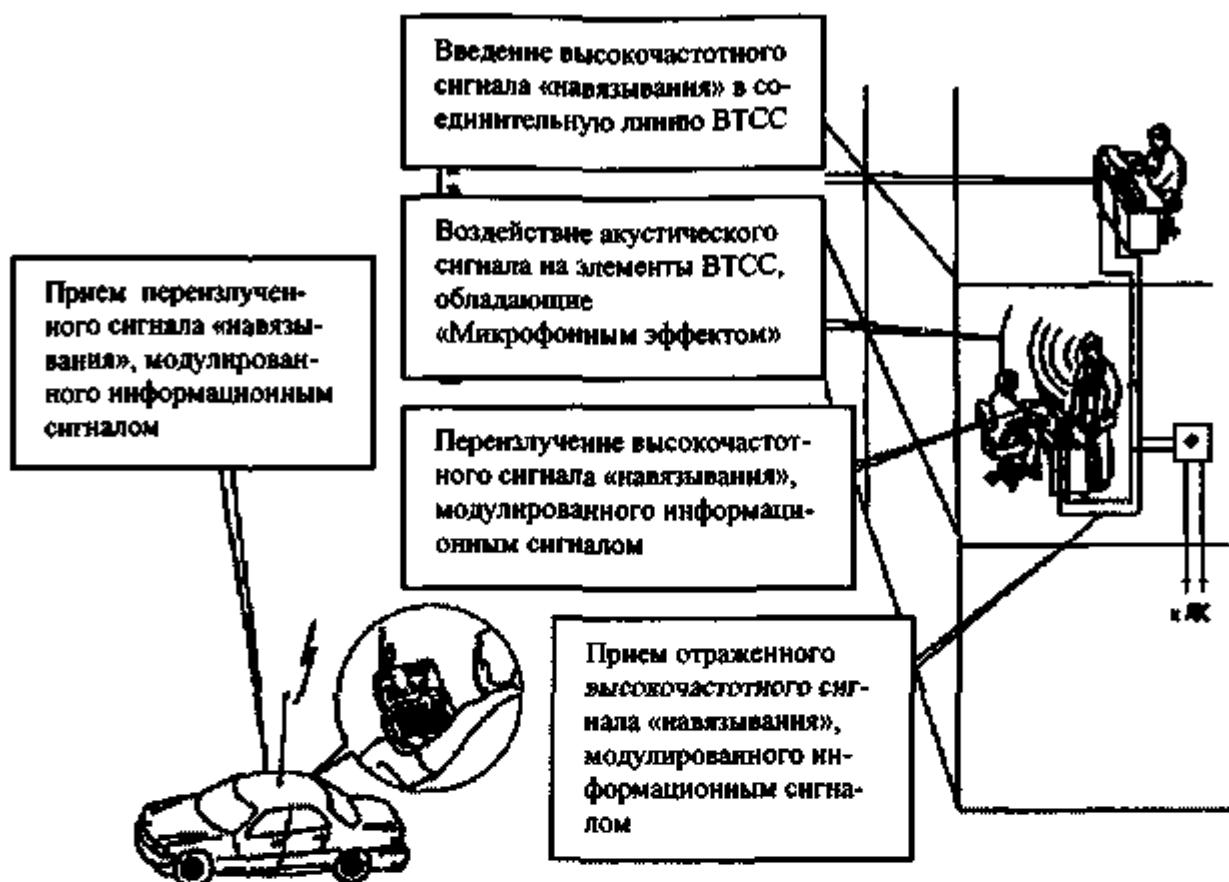


Рис. 54. Перехват акустических (речевых) сигналов через ВТСС путем высокочастотного "навязывания"

Информационный сигнал в таких элементах возникает вследствие электроакустического преобразования акустических сигналов в электрические. Нелинейные и параметрические элементы ВТСС представляют для высокочастотного сигнала несогласованную нагрузку, поэтому часть промодулированного высокочастотного сигнала отразится от нее и будет распространяться в обратном направлении, а часть будет излучаться в открытое пространство. Для приема отраженных или излученных сигналов используются специальные приемники с достаточно высокой чувствительностью.

Наиболее часто такой канал утечки информации используется для перехвата разговоров, ведущихся в помещении, через телефонный аппарат, имеющий выход за пределы охраняемой (контролируемой) зоны.

9.5. Каналы утечки информации оптико-электронного типа

Оптико-электронный, с использованием лазерного излучателя, канал утечки акустической информации образуется при облучении лучом лазера

вибрирующих в акустическом поле тонких отражающих поверхностей (стекол окон, картин, зеркал и т.д.). Отраженное от подобной поверхности лазерное излучение оказывается промодулированным по амплитуде и фазе в соответствии с вибрациями поверхности. Часть отраженного излучения перехватывается оптической системой приемника и преобразуется в электрические сигналы, после демодуляции которых выделяется речевая информация рис.55 [22]. Лазерный излучатель и приемник могут быть установлены в одном месте или разнесены в пространстве.

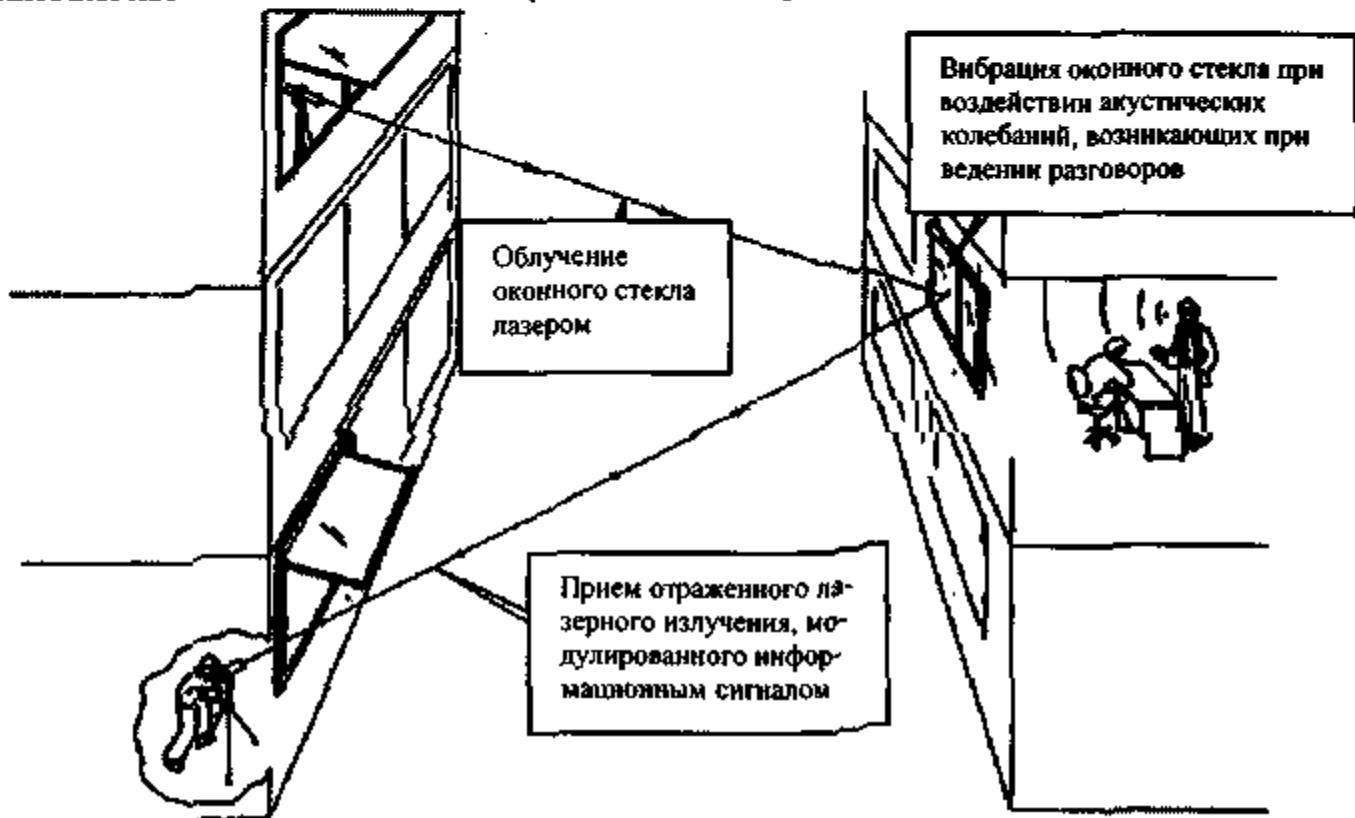


Рис. 55. Перехват акустических (речевых) сигналов путем лазерного зондирования оконных стекол

Для перехвата информации по данному каналу используется лазерно-акустические локационные системы, работающие обычно в ближнем инфракрасном диапазоне волн.

9.6. Каналы утечки информации параметрического типа

В результате воздействия акустического поля меняется давление на все элементы высокочастотных генераторов технических средств передачи, обработки и хранения информации (ТСПИ) и ВТСС. При этом изменяется (незначительно) взаимное расположение элементов схем, проводов в катушках индуктивности, дросселей и т.д., что может привести к изменениям параметров высокочастотного сигнала, например, к частотной

модуляции его информационным сигналом. Такой канал утечки информации называется параметрическим.

Очень часто наблюдается паразитная модуляция информационным сигналом излучений гетеродинов радиоприемных и телевизионных устройств, находящихся в выделенных помещениях и имеющих конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком в колебательных контурах гетеродинов. Промодулированные информационным сигналом высокочастотные колебания излучаются в открытое пространство и могут быть перехвачены средствами радиоразведки.

Параметрический канал утечки информации может быть реализован и путем облучения высокочастотным зондирующими сигналом помещения, где установлены полуактивные закладные устройства, имеющие элементы, некоторые параметры которых (например, добротность и резонансная частота объемного резонатора) изменяются по закону изменения акустического (речевого) сигнала. В этом случае при взаимодействии облучающего электромагнитного поля со специальными элементами закладки (например, четвертьволновым вибратором) происходит переизлучение электромагнитного поля. А специальное устройство закладки (например, объемный резонатор) обеспечивает амплитудную, фазовую или частотную модуляцию переотраженного сигнала по закону изменения речевого сигнала.

Для перехвата информации по данному каналу кроме закладного устройства необходим специальный передатчик с направленным излучением и приемник.

Глава 10

Радиоактивные излучения как источник информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции

10.1. Радиоактивные отходы предприятий атомной промышленности, стратегическое оборудование, сырье, готовая продукция

Работа предприятий и энергетических установок атомной промышленности характеризуется наличием радиоактивных отходов, которые загрязняют окружающую среду и создают, радиоактивные излучения, а следовательно несут информацию о профиле предприятия и выпускаемой им продукции. Подобные проявления могут рассматриваться как демаскирующие признаки предприятий атомной промышленности.

Одним из видов отходов ядерных предприятий и энергетических установок являются сбросные радиоактивные жидкости.

Жидкие радиоактивные отходы образуются на предприятиях по переработке урановых руд и содержат так называемые "хвосты" производства.

Производственно-промышленные сточные воды с повышенной концентрацией некоторых изотопов образуются на заводах по получению металлического урана и радиохимических производствах. По степени радиоактивности жидкие отходы делятся на слабоактивные, образующиеся в основном в результате дезактивации помещений и оборудования и имеющие удельную объемную активность 10^{-5} - 10^{-4} кюри/л, среднеактивные, образующиеся, как правило, в процессе переработки облученного сырья и обладающие удельной объемной активностью 10^{-4} - 10^{-2} кюри/л, а высокоактивные жидкие отходы, получаемые в результате концентрирования технологических растворов и имеющие удельную объемную активность от 0,1 до 10 кюри/л.

Часть отходов атомных предприятий выбрасывается в виде газообразных и аэрозольных продуктов. Это прежде всего благородные газы (радон Rn, торон Tn), образующиеся при распаде урана и тория на ураноперерабатывающих заводах; газы, пар и газообразные продукты деления урана и плутония, выделяющиеся при химической переработке руд с указанными элементами; радиоактивная пыль, образующаяся при дроблении и механической переработке радиоактивных материалов. Источником загрязнения атмосферы радиоактивными веществами являются также реакторы, в которых в результате облучения нейtronами происходит активация аргона, входящего в состав воздуха, а при нарушении герметичности тзвлов возможно попадание в первый контур и в воздух помещений радиоактивных газов (криптона, ксенона, йода и др.), а также осколочных продуктов деления (стронция, иттрия и др.).

Находящиеся в воздухе взвешенные радиоактивные частицы образуют радиоактивные аэрозоли с различной дисперсной фазой: твердой - пыль, дым; жидкой - туман, аэрозольный конденсат и др. В результате в воздухе создаются устойчивые мелкодисперсионные (с размерами частиц меньше 1 мкм) и среднедисперсионные (с размерами частиц от 1 до 10 мкм) образования, а также неустойчивые быстрооседающие образования с размерами частиц больше 10 мкм. Некоторые радиоактивные изотопы, находящиеся в воздухе частично в газообразной фазы в аэрозольную.

Как уже отмечалось, распад радиоактивных элементов сопровождается выделением радиоактивных газов Rn , Tl , Ar , которые входят в состав последовательно превращающихся элементов уранового, ториевого и актино-уранового рядов. Радиоактивные эманации относятся к группе тяжелых инертных газов, которые не образуют химических соединений в природе.

При распаде радиоактивных элементов в окружающее пространство выделяется также нерадиоактивный газ гелий (He), образующий за счет испускания альфа частиц элементами уранового, ториевого и трансуранового рядов.

При распаде одного атома U и его дочерних элементов испускается 8 альфа частиц, из которых получается 8 атомов He ; при распаде одного атома Tl образуется 6 атомов He . При полном распаде 1г U образуется 0,135г He , что составляет около 770 см³ He при температуре 0°C и давлении 760 мм рт.ст. Из 1г Tl образуется 0,103г He (580 см³).

Наличие He , являющегося индикатором источников радиоактивного излучения представляет важный демаскирующий признак, так как в отличие от радиоактивных газов, имеющих относительно небольшое время жизни (T_{Rn} -3,823 дня, T_{Tl} -54,5с, T_{Ar} -3,92с), он является устойчивым элементом и может распространяться на значительные расстояния от радиоактивного объекта.

Аномальные концентрации радиоактивных веществ в атмосфере, грунте и воде могут являться признаками нахождения поблизости объектов радиоактивного характера.

Таким образом, наличие радиоактивных отходов предприятий атомной промышленности и радиоактивных излучений сырья, готовой продукции, а также отходов производства могут раскрывать профиль предприятий, нести информацию о технологических процессах, характеристиках изготавливаемой продукции, местах ее складирования, маршрутах транспортировки и т.д.

Источники радиоактивности могут быть обнаружены:

- ⇒ по радиоактивным излучениям;
- ⇒ по наличию радиоактивных и нерадиоактивных газов, образующихся в результате радиоактивного распада.

Для обнаружения радиоактивных элементов производятся заборы проб воздуха, грунта и воды в районе предполагаемого расположения радиоактивного объекта, а также непосредственные измерения радиоактивного излучения.

С целью лучшего представления физической основы возможной утечки информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции рассмотрим некоторые свойства и характеристики радиоактивных излучений.

10.2. Свойства и характеристики радиоактивных излучений

Радиоактивными называются излучения, возникающие при радиоактивном распаде ядер атомов. По своей физической природе радиоактивные излучения представляют собой потоки быстров движущихся частиц, входящих в состав атомных ядер, а также электромагнитное излучение этих ядер. Все радиоактивные излучения обладают большими энергиями. Их общим свойством является способность ионизировать вещество, в котором они распространяются. Сущность процесса ионизации заключается в том, что под воздействием радиоактивных излучений электрически нейтральные в нормальных условиях атомы и молекулы вещества распадаются на пары положительно и отрицательно заряженных частиц-ионов.

Для ионизации вещества всегда требуется затрата определенной энергии внешних сил. Поэтому, проникая в вещество и производя его ионизацию, радиоактивное излучение постепенно теряет свою энергию.

Ионизирующая способность радиоактивного излучения зависит от его типа и энергии, а также свойств ионизируемого вещества, и может быть оценена удельной ионизацией. Удельная ионизация измеряется числом пар ионов вещества, создаваемых излучением на пути в 1 см. Чем больше величина удельной ионизации, тем быстрее расходуется энергия излучений, т.е. тем меньший путь пройдет излучение в веществе до полной потери своей энергии. Поэтому, чем больше ионизирующая способность излучения, тем меньше его проникающая способность и наоборот.

Основными типами радиоактивных излучений являются альфа-, бета, гамма- и нейтронное излучения.

Альфа-излучение представляет собой поток альфа-частиц, распространяющихся с начальной скоростью около 20 000 километров в секунду. Альфа-частицей называется ядро гелия, состоящее из двух нейтронов и двух протонов. Каждая альфа-частица несет с собой определенную энергию. Из-за относительно малой скорости и значительного заряда альфа-частицы взаимодействуют с веществом наиболее эффективно, т.е. обладают наибольшей ионизирующей способностью. Удельная ионизация альфа частиц в воздухе составляет около

30 000 пар ионов
см

Вследствие большой ионизирующей способности альфа-частиц (а каждый акт ионизации требует затраты определенной энергии) их проникающая способность незначительна: длина пробега альфа-частиц в воздухе составляет несколько сантиметров (от 3 до 11 см), а в жидких и твердых средах - сотые доли миллиметра. Лист бумаги полностью задерживает альфа-частицы.

Бета-излучение представляет собой поток бета-частиц. Бета-частицей называется излученный электрон или позитрон. Бета-частицы в зависимости от энергии излучения могут распространяться со скоростью, близкой к скорости света (300 000 км/сек.). Заряд бета-частиц меньше, а скорость больше, чем альфа-частиц. Поэтому бета-частицы обладают меньшей ионизирующей, но большей проникающей способностью, чем альфа-частицы. Удельная ионизация бета-частиц в воздухе в среднем

составляет около 100 пар ионов, т.е. в сотни раз меньше чем у альфа-
см

частиц. Длина же пробега бета-частиц высоких энергий составляет в воздухе до 20 м, в воде - до 3 см, в металле - до 1 см. На практике бета-частицы почти полностью поглощаются оконными или автомобильными стеклами и металлическими экранами толщиной в несколько миллиметров.

Гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов при радиоактивных превращениях. Гамма-излучение, как правило, сопровождает бета-распад, реже альфа-распад. По своей природе гамма-излучение подобно рентгеновскому, но обладает значительно большей энергией и меньшей длиной волны. Гамма-излучение испускается отдельными порциями (квантами) и распространяется со скоростью света. Гамма-кванты не имеют электрического заряда. Поэтому ионизирующая способность гамма-излучения значительно меньше, чем у бета-частиц и тем более у альфа-частиц. Так удельная ионизация γ -квантов в воздухе составляет всего несколько пар ионов на один сантиметр пути, т.е. в сотни раз меньше, чем у бета- и в десятки тысяч - чем у альфа-частиц. Зато гамма-излучение обладает наибольшей проникающей способностью. В воздухе гамма-излучение может распространяться на сотни метров. Для ослабления энергии гамма-излучения в два раза необходим слой вещества (слой половинного ослабления) толщиной: для воды - 23 см, для стали - 3 см, для дерева - 30 см.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов. Скорость распространения нейтронов может достигать 20 000 км/сек. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, они легко проникают в ядра атомов и захватываются ими.

Основными характеристиками радиоактивности являются скорость радиоактивного распада, количество (активность) радиоактивного вещества, доза излучения, уровень радиации, степень заражения радиоактивными веществами.

Скорость радиоактивного распада. В любом радиоактивном веществе происходит постепенный распад всех ядер его атомов. При этом в единицу времени распадается определенная часть общего числа ядер радиоактивных атомов. Чем больше эта часть, тем больше скорость распада и наоборот. Скорость распада не зависит от внешних условий и определяется лишь свойствами данного радиоактивного изотопа. Поэтому для любого количества данного радиоактивного изотопа выполняется следующий закон: половина общего числа ядер радиоактивных атомов распадается всегда за одинаковое время. Это время называется периодом полураспада (T). Чем больше период полураспада, т.е. чем меньше скорость распада, тем дольше живет данный радиоактивный изотоп, создавая радиоактивные излучения. Период полураспада для данного изотопа - величина постоянная.

Для разных изотопов период полураспада колеблется в широких пределах. Так, например, период полураспада для стронция-89 составляет 54 дня, для урана-235 - 710 миллионов лет. Основными источниками наведенной радиации в почве являются изотоп марганца с периодом полураспада 2,6 часа и изотоп натрия с периодом полураспада 15 часа. Период полураспада характеризует скорость распада радиоактивного вещества, но не определяет его количества.

Количество (активность) радиоактивного вещества. Измерение количества радиоактивного вещества по его весу затруднительно, так как радиоактивные изотопы находятся обычно в смеси с другими веществами. Кроме того, различные изотопы при одной и той же массе обладают различной радиоактивностью (их радиоактивный распад происходит с различной скоростью). Поэтому количество радиоактивного вещества принято оценивать его активностью, под которой понимают число радиоактивных распадов атомов в единицу времени.

За единицу активности, т.е. количества радиоактивного вещества, принята единица, названная кюри.

Кюри (с) - это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 миллиардов распадов ядер атомов в секунду:

$$1 \text{ кюри (с)} = 37 \cdot 10^9 \text{ распадов/сек.}$$

Производными этой единицы являются милликюри ($мкс$)= $0,001$ с и микрокюри ($мккс$)= $0,000001$ с.

Активность, отнесенная к единице поверхности, массы, объема называется удельной активностью. Активность данного источника – величина не постоянная: она уменьшается со временем за счет радиоактивного распада.

За каждый промежуток времени, равный периоду полураспада, количество радиоактивного изотопа уменьшается вдвое, за 1 Т - в 2 раза, за 2 Т - в 4 раза, за 3 Т - в 8 раз и т.д.) Активность радиоактивного вещества непосредственно не характеризует ионизирующего действия излучения: при одной и той же активности ионизирующее действие зависит от вида и энергии излучения, физических свойств облучаемой среды и других факторов. Ионизирующее действие излучений характеризуется дозой излучения.

Доза излучения. Дозой излучения называется энергия излучения, поглощенная в единице объема или веса вещества за все время воздействия излучения. Энергия излучения, поглощенная веществом, затрачивается на его ионизацию. Следовательно, доза излучения характеризует степень ионизации вещества: чем больше доза, тем больше степень этой ионизации.

За единицу измерения дозы гамма-излучения в воздухе принят рентген. Рентген (р) - это такая доза гамма-излучения, при которой в одном кубическом сантиметре сухого воздуха при нормальных условиях (температура 0°C, давление 760 мм рт.ст) образуется 2,08 миллиардов пар ионов. Более мелкими производными единицами дозы гамма-излучения являются: миллирентген (мр), равный 0,001р, и микрорентген (мкр), равный 0,000001 р.

Доза излучения, измеренная в рентгенах, характеризуется ионизационный эффект гамма-излучений в воздухе. Количество же энергии различных излучений, поглощенное в данной среде, характеризуется так называемой поглощенной дозой излучений. За единицу измерения поглощенной дозы в любом веществе независимо от вида излучения принят 1 рад.

Рад - это такая поглощенная доза, при которой количество поглощенной энергии в одном грамме любого вещества составляет 100 эрг независимо от вида и энергии излучения.

Производными этой единицы являются: миллирад (мрад), равный 0,001 рад, и микrorад (мкрад), равный 0,000001 рад. При дозе излучения в 1 рентген поглощенная доза в воздухе составляет 0,87 рад, а в воде почти столько же - 0,84 рад.

Уровень радиации (мощность дозы). Интенсивность гамма-излучения характеризуется уровнем радиации. Уровень радиации представляет собой мощность дозы излучения. Он равен дозе, создаваемой за единицу времени, т.е. характеризуется в рентгенах в час (р/час), миллирентгенах в час (мр/час), микрорентгенах в секунду (мкр/сек): 1 мр/час=0,001 р/час; 1мкр/сек=3,6 мр/час.

Степень заражения местности радиоактивными веществами характеризуется плотностью заражения. Плотность заражения измеряется количеством радиоактивных распадов атомов, происходящих в единицу времени на единице поверхности, в единице объема или веса, т.е. единицами удельной активности.

Глава 11

Лазерные системы и их демаскирующие признаки

В настоящее время лазерная техника находит широкое применение в системах вооружения и военной техники. В частности расширяется использование лазерных устройств в системах дальномерирования, локации, подсвета и целеуказания, наведения средств поражения, связи, навигации, силового воздействия и т.д.

Известно, что сигналы любого средства, излучаемые в пространство, содержат в себе определенную информацию о его тактико-технических характеристиках (ТТХ). Это дает возможность противнику при ведении технической разведки получать данные по характеристикам разведуемого средства или системы, на основе которых имеется возможность своевременно разработать и принять соответствующие меры противодействия и тем самым снизить боевую эффективность новых видов вооружения. В связи с этим важное значение приобретает выявление возможных демаскирующих признаков (ДП) новых и разрабатываемых образцов вооружения и военной техники и, в частности, на основе лазерных приборов.

Знание ДП и возможных каналов утечки информации позволяет принять своевременные меры по защите от технических средств разведки (ТСР) противника.

11.1. Демаскирующие признаки лазерных систем

К ДП аппаратуры с использованием лазерных излучателей можно отнести (рис.56):

- ⇒ когерентное световое излучение;
- ⇒ некогерентное световое излучение источников накачки;
- ⇒ побочное излучение на частотах радиодиапазон, обусловленное работой источников накачки и всевозможных модуляторов и синхронизаторов;
- ⇒ рентгеновское излучение, присущее некоторым типам лазеров;
- ⇒ загрязнение окружающей среды побочными продуктами функционирования некоторых лазерных систем.
- ⇒ акустические и сейсмические эффекты;
- ⇒ внешний вид устройств, испытательного и полигонного оборудования.

Следует отметить, что перечисленный набор ДП обобщен по всем видам аппаратуры с использованием лазерных излучателей. Это означает, что конкретная лазерная система может не иметь всего комплекса приведенных ДП.

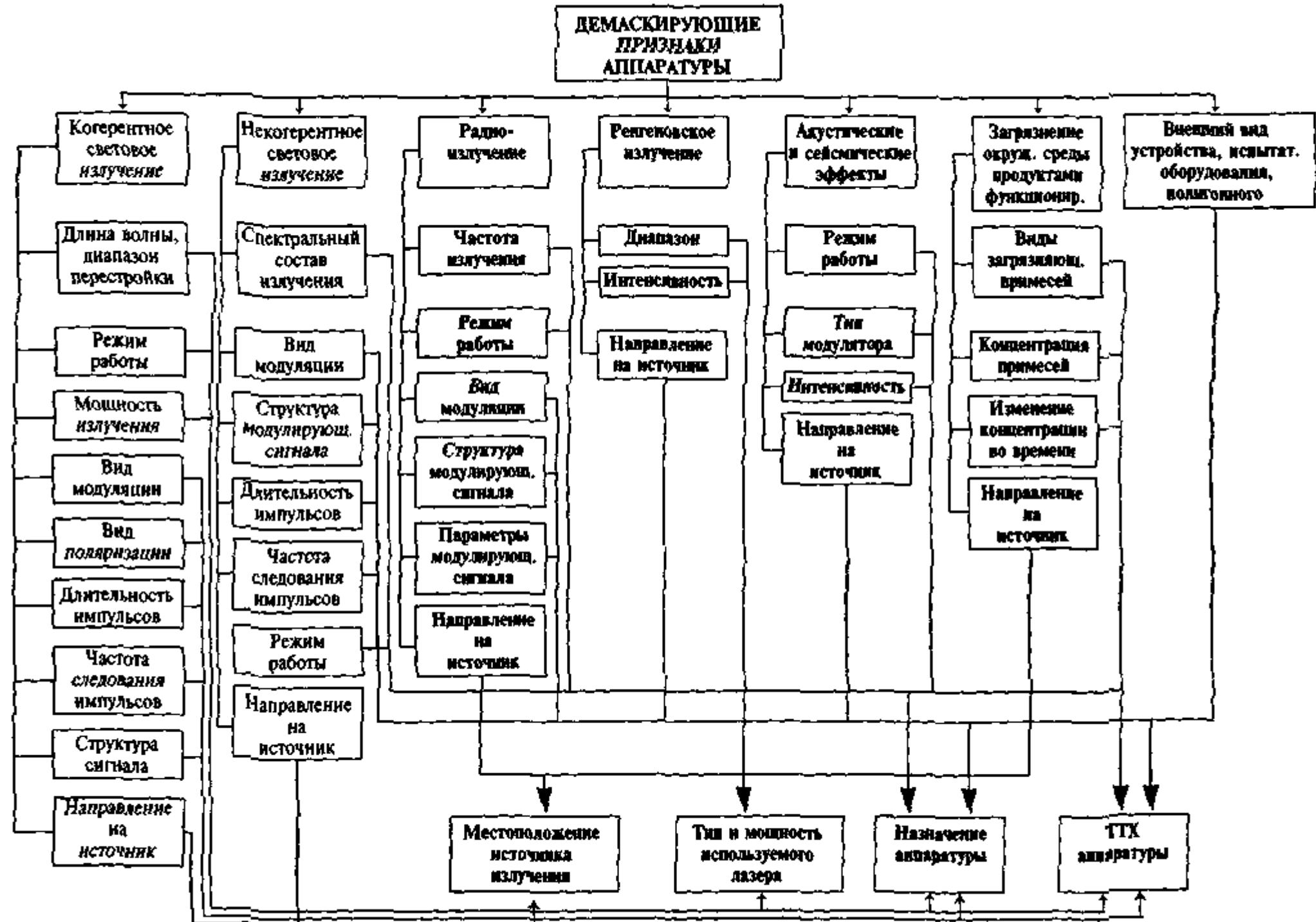


Рис. 56. Демаскирующие признаки аппаратуры и информация, которую они содержат

11.2. Качественная оценка информационной ценности параметров лазерных сигналов

Рассмотрим несколько подробнее каждый из перечисленных ДП.

Когерентное излучение в зависимости от режима работы лазерного средства может быть импульсным или непрерывным и независимо от режима работы характеризуется такими общими параметрами, как длина волны, диапазон ее перестройки, мощность (энергия) излучения, вид поляризации, вид модуляции, структура сигнала. Импульсное излучение, кроме того, характеризуется такими параметрами, как длительность и частота следования импульсов.

Некогерентное световое излучение накачивающих устройств может содержать сведения:

- ⇒ о спектральном составе излучения накачки; что позволяет установить тип лазера и длину волны его излучения; о режиме работы (импульсный, непрерывный);
- ⇒ о виде используемой модуляции и некоторых параметрах модулирующего сигнала;
- ⇒ о длительности и частоте следования импульсов накачки, которые соответствуют режиму работы лазерного излучателя и, следовательно, несут информацию о назначении устройства и некоторых его характеристиках;
- ⇒ о направлении на источник излучения.

Аналогичная информация может содержаться в побочных излучениях, радиодиапазона, обусловленных работой блоков накачки и модуляции.

Рентгеновское излучение свойственно лазерам некоторых типов, а именно электроионизационным газовым лазерам, полупроводниковым газовым с накачкой электронным лучом. Замеры рентгеновского излучения позволяют определить его интенсивность и спектральный диапазон.

Полученные в результате анализа данные позволяют сделать вывод о типе используемого лазера, длине волны его излучения, ориентировочном значении мощности лазерного излучения и местоположении источника.

На основе полученных сведений можно определить тип лазера и ориентировочно оценить его выходную мощность, а также направление на источник излучения.

Акустические и сейсмические эффекты могут содержать информацию о режиме работы устройства, источника накачки, ориентировочное значение мощности лазерного излучения, направлении на источник излучения.

При работе некоторых лазерных систем происходит загрязнение окружающей среды побочными химическими продуктами, выделяющимися при функционировании этих систем. Анализ проб воздуха, грунта, воды позволяет определить типы загрязняющих примесей, их концентрацию и изменение ее во времени, направление на область с максимальной концентрацией примеси.

Внешний вид устройства, испытательного и полигонного оборудования может дать сведения о назначении устройства и его некоторых характеристиках.

Можно предположить, что не все параметры излучаемых сигналов, демаскирующих то или иное средство, содержат равноценную информацию о его назначении и характеристиках. Поэтому при определении параметров лазерных систем, которые необходимо скрывать от разведки противника, целесообразно провести анализ их информационной ценности. Под информационной ценностью параметров в данном случае понимается объем полезной информации, необходимой для определения назначения системы и ее ТТХ с целью последующей разработки средств подавления.

Проведем качественную оценку информационной ценности параметров лазерных сигналов.

Назначение средства в ряде случаев характеризуется длиной волны излучения. Так, например, можно достаточно точно сказать на каких длинах волн работают лазерные дальномеры, системы целеуказания, разведки, локации и т.д.

В некоторых случаях ряд систем может работать на одинаковых длинах волн. Поэтому для их распознавания необходимо изучение дополнительных характеристик, к которым могут относиться:

- ⇒ вид модуляции и параметры модулирующего сигнала;
- ⇒ мощность (энергия) излучения;
- ⇒ длительность и частота следования импульсов;
- ⇒ поляризация сигнала.

Так, например, наличие в принятом сигнале ЧМ с линейным или синусоидальным изменением частоты свидетельствует о том, что разведуемое средство относится к локационным системам, предназначенным для точного определения координат и скорости движения цели. При этом линейная ЧМ характерна для локаторов обнаружения и целеуказания; а синусоидальная ЧМ - для локаторов слежения за целью.

Девиация частоты в ЧМ сигнале характеризует полосу пропускания приемного устройства и разрешающую способность по дальности, а период модуляционного сигнала - возможности системы по измерению скорости движения целей.

Мощность (энергия) принимаемого сигнала позволяет ориентировочно оценить мощность излучателя разведуемой системы (при известном

расстоянии) и сделать некоторые предположения о назначении системы и о ее дальности действия.

Поляризация принимаемого излучения также позволяет иногда судить о назначении системы и о ее возможностях. Так, по наличию изменения поляризации излучения в соответствии с бинарным кодом можно сделать вывод о том, что система используется для передачи цифровой информации. Наличие круговой поляризации свидетельствует о способности системы работать в плохих метеоусловиях, а также в случае применения пассивных помех в виде облака мелких зеркальных отражателей.

Частота следования импульсов содержит информацию о назначении разведаемой системы и ее дальности действия. Так, например, при частоте следования импульсов от нескольких в минуту до 1 Гц можно сделать вывод, что система относится к классу артиллерийских или танковых дальномеров. При частоте следования импульсов в пределах 30-100 Гц разведуемое средство может быть отнесено к системе целеуказания; при частоте следования от 100 Гц до нескольких кГц возможная классификация средства - локационная система.

Длительность импульса излучения может определять такие тактические и технические характеристики, как разрешающую способность по дальности; точность измерения расстояний; минимальную дальность действий; ширину полосы пропускания приемного устройства.

Знание полосы пропускания приемника разведуемого средства имеет весьма важное значение для противника в случае разработки средств противодействия разведанным системам. Эффективность используемой для подавления помехи повышается, если ширина ее спектра согласована с полосой пропускания подавляемого приемника.

Величина полосы пропускания приемного устройства у различных лазерных систем определяется различными параметрами излучаемых сигналов. Например, в дальномерах, целеуказателях, локаторах без дополнительной модуляции полоса пропускания Δf может быть определена по длительности импульса τ

$$\Delta f = \frac{1 - 2}{\tau}.$$

Полоса пропускания устройств с непрерывным излучением, например, доплеровских систем измерения скорости определяется в основном шириной спектра доплеровских частот ΔB :

$$\Delta f = \Delta B = 2V_{u \min} * f / C,$$

где: $V_{u \ min}$ - максимальная скорость цели;

f - частота, на которой производится измерение (несущая, поднесущая);

C - скорость света.

Величина полосы пропускания локационных лазерных систем с ЧМ определяется величиной девиации частоты В: $\Delta f = B$, где $B = f_{\max} - f_{\min}$.

Важной характеристикой лазерной системы, представляющей интерес для разведки противника, является структура кодовой посылки. Так, если лазерная система целеуказания или дальнометрирования применяет кодированный режим работы, в соответствии с которым измерение дальности до цели производится по пятому импульсу в серии, то для создания эффективного средства ПД необходимо с помощью технических средств разведки вскрыть этот режим работы.

Таким образом, комплексный анализ таких характеристик принимаемых сигналов, как длина волны, мощность измерения, поляризация, вид модуляции и т.д. позволяет получать закрытые сведения о назначении тех или иных систем и о их основных ТТХ: дальности действия, точности измерения координат цели, разрешающей способности, режимах работы и т.д.

Указанные сведения являются исходными данными для разработки и эффективного использования средств подавления.

Приведенный качественный анализ ДП аппаратуры, использующей лазерные приборы, и их информативности позволяет ориентировочно определить параметры лазерных систем, подлежащие защите от ТСР. К ним можно отнести:

- ⇒ длину волны излучения и диапазон ее перестройки;
- ⇒ мощность (энергию) излучателя;
- ⇒ режим работы;
- ⇒ вид модуляции и параметры модулирующего сигнала;
- ⇒ вид поляризации;
- ⇒ длительность и частоту следования импульсов;
- ⇒ структуру кодирования излучаемых сигналов.

Глава 12

Каналы утечки информации при эксплуатации технических средств передачи, обработки и хранения информации

Под техническими средствами передачи, приема, хранения и обработки информации (ТСПИ) понимают технические средства, непосредственно обрабатывающие закрытую информацию. К таким средствам относятся электронно-вычислительная техника, информационные системы, слаботочное оборудование (системы оперативно-командной, громкоговорящий и телефонной, системы звукоусиления, озвучивания помещений и т.д.).

При выявлении технических каналов утечки информации ТСПИ необходимо рассматривать как систему, включающую основное (стационарное) оборудование, оконечные устройства, соединительные линии, распределительные и коммутационные устройства, системы электропитания, системы заземления.

Наряду с основными ТСПИ в помещениях устанавливаются технические средства и системы непосредственно не участвующие в обработке закрытой информации, но использующиеся совместно с ТСПИ и находящиеся в зоне их электромагнитных полей. Такие технические средства и системы называются вспомогательными техническими средствами и системами (ВТСС). К ним относятся технические средства открытой телефонной, громкоговорящей связи, системы пожарной и охранной сигнализации, электрификации, радиофикации, часофикации, электробытовые приборы и т.д.

Наибольший интерес с точки зрения утечки информации представляют ВТСС, имеющие выход за пределы охраняемой (контролируемой) зоны, т.е. зоны, в которой исключено появление и пребывание посторонних лиц.

Кроме соединительных линий ТСПИ и ВТСС за пределы охраняемой зоны могут выходить провода и кабели, к ним не относящиеся, но проходящие через помещения, где размещены ТСПИ и ВТСС, а также металлические трубы систем отопления, водоснабжения и другие токопроводящие конструкции. Подобные токопроводящие элементы называются посторонними проводниками.

12.1. Каналы утечки информации при эксплуатации слаботочного оборудования

В перечень слаботочного оборудования, широко используемого для обеспечения деятельности промышленных, военно-промышленных и военных объектов входят:

- система внутренней (внутриобъектовой) телефонной связи (директорская, диспетчерская, внутренняя служебная и технологическая с выходом и без выхода в город, переговорные устройства);
- системы звукоусиления, звукозаписи и звуковоспроизведения (усилители, магнитофоны, диктофоны);
- системы проводной радиотрансляционной сети и приема программ радиовещания и телевидения (абонентские громкоговорители, системы радиовещания и оповещения, телевизоры, радиоприемники);
- системы электрочасофикации;
- системы специальной охранной сигнализации (на вскрытие дверей, окон, на проникновение в охраняемую зону посторонних лиц);
- система пожарной сигнализации (дымовой, световой, тепловой, звуковой);
- система звонковой сигнализации (вызов секретаря, входная сигнализация);
- системы кондиционирования (датчики температуры и влажности);
- системы электроосвещения и бытового электрооборудования (светильники, люстры, настольные вентиляторы, электронагревательные приборы, проводная сеть электроосвещения);
- оргтехника (электронные машинописные устройства, некоторые виды множительной техники, электронно-счетные устройства).

В зависимости от назначения средства слаботочного оборудования могут относиться к одному из двух классов: к классу основных средств (основное оборудование), если они непосредственно включены в процесс передачи, обработки и хранения секретной информации, или к классу вспомогательных средств (вспомогательное оборудование), если они устанавливаются совместно с основным оборудованием, но не включены в процесс передачи, обработки и хранения секретной информации (СИ). К вспомогательному оборудованию относятся также системы радиотрансляции, часофикации, сигнализации, кондиционирования и т.д.

Утечка секретной информации при эксплуатации основного оборудования возможна за счет:

- излучения электрического и магнитного полей в диапазоне речевого сигнала;
- наводок информационных сигналов в цепях, уходящих за пределы контролируемой территории;
- возникновения информативного электрического поля в зоне контура заземления;
- возникновения паразитной высокочастотной генерации в усилителях;

- модуляции информативными сигналами частот гетеродинов радио- и телевизионных приемников, а также генераторов стирания и подмагничивания магнитофонов;
- возникновение огибающей речевого сигнала в цели электропитания;
- акустического воздействия звуковых полей на компоненты вспомогательных систем.

На рис. 57 приведена типовая схема слаботочного оборудования военно-промышленного объекта (ВПО) и возможные каналы утечки информации, возникающие в слаботочном оборудовании и его цепях.

Излучателями электромагнитных полей в диапазоне речевого сигнала являются: аппаратура звукоусиления, звукозаписи и звуковоспроизведения, а также видеозаписи и воспроизведения, оконечные устройства, провода, кабели.

Наводки информативных сигналов в цепях, уходящих за пределы контролируемой территории, происходят при наличии их параллельного пробега с цепями, в которых циркулируют токи информационных сигналов. В речевом диапазоне частот взаимные влияния между неэкранированными цепями в основном определяются электрической составляющей электромагнитного поля. При использовании экранированных кабелей взаимные влияния будут определяться только величинами магнитных связей.

Электрическое поле в контуре заземления возникает при подключении оборудования к контуру заземления для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и снижения уровня помех. В этом случае токи речевого сигнала вследствие асимметрии трактов передачи информации будут протекать в контуре заземления. Опасный сигнал может быть перехвачен как в заземляющемся проводе, так и в "потенциальной" зоне вокруг заземления. Перехват информации в последнем случае может быть осуществлен путем расположения одного из электродов аппаратуры разведки в зоне "нулевого" потенциала и перемещения другого электрода в "потенциальной" зоне заземлителя.

Паразитная высокочастотная генерация опасна тем, что при самовозбуждении УНЧ за пределами рабочего диапазона несущая паразитного сигнала может модулироваться низкочастотными информационными сигналами на нелинейных элементах усилителя по амплитуде, частоте и фазе. Утечка информации в этом случае возможна за счет непосредственного излучения в эфир электромагнитных колебаний элементами монтажа и соединительных проводов, а также в результате наводок на цепи, уходящие за пределы контролируемой территории.

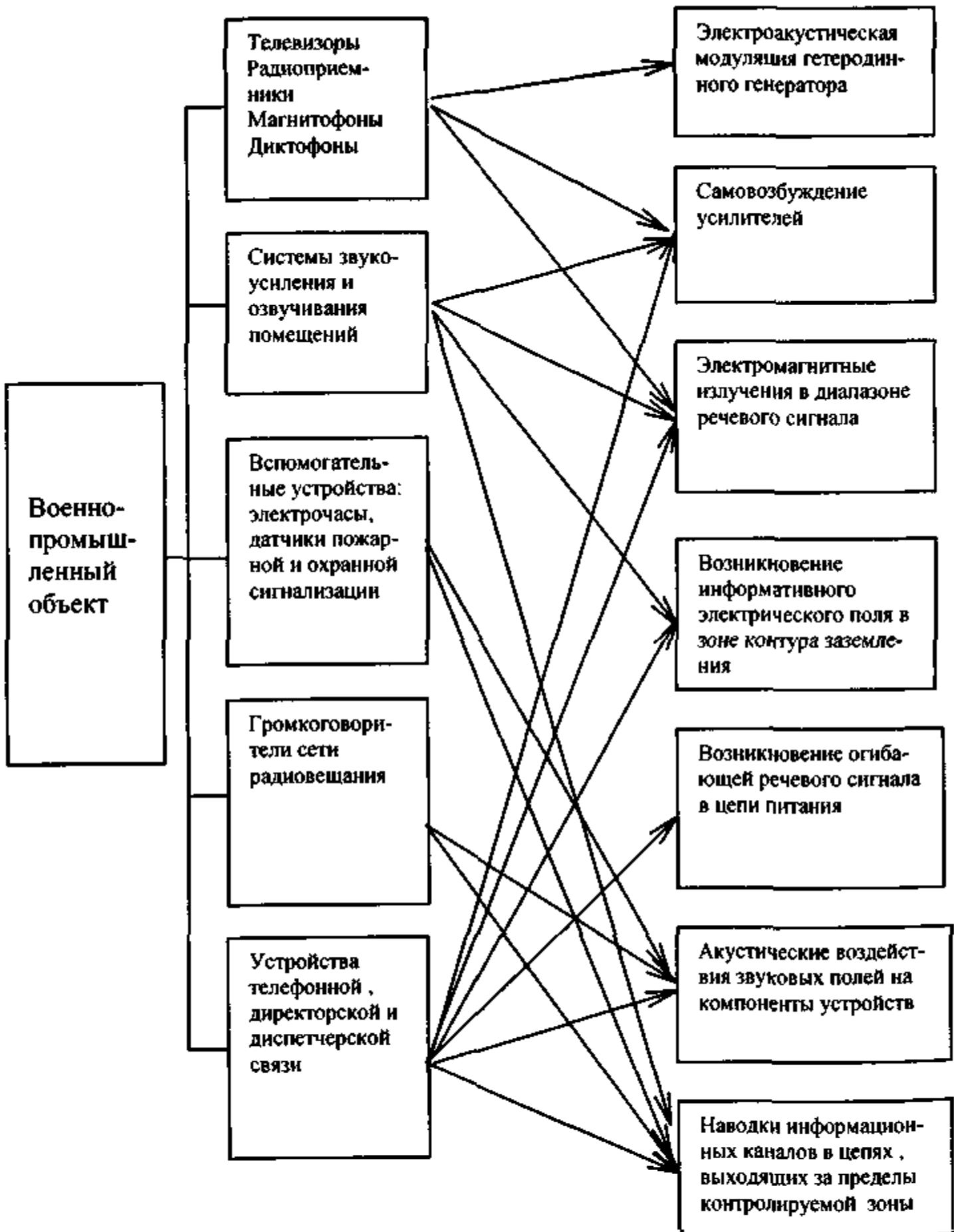


Рис. 57. Типовая схема слаботочного оборудования военно-промышленного объекта и возможные каналы утечки информации, возникающие при его эксплуатации

Опасным каналом возможной утечки СИ является модуляция излучения высокочастотных генераторов, входящих в состав различных устройств, при воздействии на них акустических, магнитных и электрических полей информационного сигнала.

Рассматривая общий случай устройства, которое имеет в своем составе в.ч. генератор, питается от внешней сети и имеет выходящий за пределы контролируемой территории высокочастотный кабель, можно установить следующие возможные каналы распространения энергии электромагнитного излучения:

- по эфиру (за счет излучения элементов генератора и переизлучения другими элементами устройства);
- по высокочастотным кабелям (за счет непосредственной связи кабеля с генератором и за счет паразитных связей);
- по сети питания (за счет паразитной связи с генератором).

Необходимо отметить, что в цепях питания оконечных каскадов усилителей ток, потребляемый аппаратурой, изменяется в соответствии с изменением сигнала на входе усилителей. В результате в цепи питания появляются составляющие информационного сигнала в диапазоне спектра огибающей 0-40 Гц. Исследования разборчивости огибающей речевого сигнала (двухзначных чисел) показывают, что она достаточно высокая в указанной полосе частот и составляет 70%. Таким образом, если цепи питания выходят за пределы контролируемой зоны, то имеется реальная возможность перехвата информации.

При воздействии информационных акустических полей на динамики, телефонные капсулы датчиков и т.д. происходит обратное преобразование энергии акустического поля и в трансляционной линии возбуждается ЭДС, соответствующая информационному сигналу. В электромагнитных преобразователях (реле, катушки с магнитным сердечниками, набранными из пластинок и т.д.) под воздействием акустических полей изменяется ширина воздушного зазора в магнитной цепи, что вызывает изменение магнитного сопротивления и также приводит к возникновению информативной ЭДС в линии.

В таблице 15 приводятся характеристики акустоэлектрического преобразования энергии некоторых электротехнических устройств, широко применяемых в практической деятельности.

Таблица 15

Наименование устройства	Коэффициент преобразования, мкВ/Па
Микрофоны	$(4-6) \cdot 10^3$
Громкоговорители	$(2-3) \cdot 10^3$
Вторичные электрочасы	100—500
Звонки телефонных аппаратов	50—6000
Датчики пожарной сигнализации (типа ОКИЛ)	$(3-6) \cdot 10^3$
Электромагнитные реле (типа РЭС)	40—500
Охранные извещатели "Вибратор-1"	$(4-6) \cdot 10^3$

Примечание: Давление в 1 Паскаль (Па) развивает звуковую мощность 1 Вт на расстоянии 1 м. Давление при нормальном разговоре на расстоянии 1 м составляет 0.1 Па.

12.2. Каналы утечки информации при эксплуатации средств электронно-вычислительной техники и АСУ

В настоящее время на большинстве предприятий и организаций промышленности для обработки и хранения закрытой информации широко используются средства ЭВТ (ЭВМ, АСУ различного назначения). В результате ЭВМ становятся носителями важной информации, а следовательно важным объектом для разведки и промышленного шпионажа.

Существенную опасность с точки зрения утечки закрытой информации, циркулирующей в ЭВМ и АСУ, представляют несанкционированные действия (НСД) персонала ВЦ, пользователей автоматизированных систем и посторонних лиц, а также технические каналы, возникающие при функционировании средств ЭВТ. [29]

Наиболее уязвимыми элементами ЭВМ являются: центральный процессор, запоминающие устройства (ЗУ), процессоры управления вводом-выводом данных, аппаратура сопряжения, каналы связи, окончные устройства.

С точки зрения НСД опасными являются оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), внешнее запоминающее устройство (ВЗУ), каналы связи, пункты обмена информацией и автоматизированные рабочие места.

В результате НСД может производиться хищение носителей информации, неразрешенное считывание и копирование информации, раскрытие кодов защиты, использование неправильных программ с целью извлечения информации и т.д. Например, в результате повреждений и сбоев в работе системы защиты оперативной памяти в ОЗУ или при наличии искажений управляющей программы возникают ситуации, при которых возможно неконтролируемое обращение на чтение или запись в защищаемые области ОЗУ. Таким образом, изменение управляющей программы является достаточно эффективным средством проникновения к секретной информации (СИ) и рабочим программам. Поэтому при проектировании ЭВМ или АСУ для обработки СИ разработка математического обеспечения должна вестись с соблюдением секретности его структуры и входящих программ.

Информация, записанная на магнитных лентах, дискетах, барабанных ВЗУ при определенных условиях может быть выведена на устройство вывода и отображения как в машинном зале, так и на некотором удалении по каналам связи. Кроме того, эта информация может быть переписана на другие неучтенные носители. Если не принять специальных мер, к ВЗУ могут обращаться пользователи, не имеющие допуска к тем или иным данным и программам. Наконец возможно хищение самих носителей.

На пунктах обмена информацией и автоматизированных рабочих местах вся информация представлена в наиболее систематизированном и наглядном виде. Поэтому с целью предотвращения утечки СИ особое внимание должно уделяться строгому ограничению доступа обслуживающего персонала к оконечным устройствам и обеспечению сохранности машинных носителей СИ, телеграфных аппаратов, АЦПУ. Отсутствие контроля за использованием оконечной аппаратуры создает возможность для несанкционированного подключения параллельных аппаратов.

Утечка информации возможна также по техническим каналам, к которым можно отнести:

- побочные электромагнитные излучения технических средств ЭВМ и АСУ;
- наводки информативного сигнала на цепи питания, заземления и линии связи с абонентами и оконечными устройствами;
- наводки на посторонние провода и кабели, гальванически не связанные с техническими средствами, но проходящими в непосредственной близости;
- неравномерное потребление тока в сети электропитания;
- электроакустические преобразования в элементах вспомогательного оборудования;
- модуляция информационными сигналами излучения паразитной генерации схемных элементов и различных генераторов;
- перехват сообщений, передаваемых по каналам связи ЭВМ и АСУ.

Основными источниками побочных электромагнитных излучений являются: центральный процессор; запоминающие устройства на магнитных сердечниках, магнитных лентах, магнитных дисках; оконечные устройства ввода (вывода) данных, линии связи, коммутационный центр.

Центральный процессор имеет большое количество (до десятков тысяч) переключающих устройств и его работа похожа на работу маломощного коротковолнового передатчика. При наличии соответствующего приемного оборудования каждое изменение положения в схеме процессора сопровождается магнитными излучениями, которые могут быть приняты и зарегистрированы.

Токи, протекающие в основных рабочих цепях достаточно малы, а сами цепи часто экранированы стенками корпуса самой ЭВМ. Это обстоятельство в известной степени затрудняет обнаружение сигналов, особенно в присутствии шумов, возникающих из-за одновременной работы большого количества схем. Однако защита экранированием излучающих цепей имеет место не во всех элементах автоматизированных систем. К недостаточно защищенным элементам относятся ЗУ на магнитных сердечниках, лентах и дисках. В этих ЗУ для записи информации требуются импульсы тока длительностью 10 мкс и менее, имеющие сравнительно большую амплитуду (0.2—0.15 А). Поэтому они создают довольно сильное электромагнитное излучение в пространство, которое может быть перехвачено и зарегистрировано соответствующей аппаратурой, находящейся за пределами помещения, где установлена ЭВМ. При этом сравнительно легко декодируется информация в излучениях ЭВМ последовательного действия и достаточно сложно в ЭВМ параллельного действия.

Характеристики электромагнитного излучения оконечных устройств ввода (вывода) данных зависят в основном от типа оконечного устройства. Необходимо отметить, что анализ электромагнитных излучений оконечных устройств намного проще по сравнению с анализом излучений, принимаемых в других уязвимых точках системы.

Электромагнитные излучения линий связи в пространство возникают в результате протекания в них импульсных токовых сигналов с большой амплитудой. При этом, если линии связи между процессором и автоматическим коммутатором не защищены, то существует реальная возможность регистрации и анализа этих сигналов. Большую опасность представляют несанкционированные ответвления от линий связи. До тех пор, пока не будут использоваться средства регистрации подключения к линиям связи дополнительных устройств, получение информации этим путем будет вполне реальной угрозой.

Подключение к линиям связи может быть осуществлено двумя способами. При пассивном подключении прослушивается передаваемая

информация. При активном подключении, кроме прослушивания и регистрации передаваемых данных, осуществляется ввод в линию посторонних дезориентирующих данных.

Оборудование коммутационного центра может размещаться в вычислительном центре или быть частью телефонной системы связи, используемой для передачи данных. В этих случаях могут иметь место перекрестные наводки, особенно при нетщательной разделке разъемов линии. Кроме того, в коммутационном центре при работе аппаратуры в окружающем пространстве может возникать информационное электромагнитное поле.

Перекрестные наводки на участке "Коммутационный центр — пользователь" между различными линиями подобны наводкам, возникающим в линиях связи между коммутационным центром и процессором. Но в этом случае они более доступны для посторонних и имеют меньшее затухание. Кроме того, на этом участке также возможно подключение к линии, что может служить реальным каналом утечки закрытой информации. При использовании существующих методов, скоростей и способов передачи данных этот тип скрытого вторжения является чрезвычайно эффективным. Для того, чтобы получить в отпечатанном виде документ, достаточно иметь оконечное устройство. При этом возможность определения подключения незначительна.

Таким образом, в процессе функционирования автоматизированных систем имеется большое количество различных по характеру уязвимых мест, которые могут стать причиной утечки информации. Основные уязвимые точки электронно-вычислительной системы приведены на рис.58.

Необходимо отметить, что вследствие использования режима мультипрограммирования, когда в ЭВМ одновременно решается несколько задач, информация, содержащаяся в побочных электромагнитных излучениях различных технических средств, очень трудно поддается дешифрированию. Кроме того, уровень электромагнитных излучений быстро уменьшается с расстоянием. В результате прием и дешифрирование электромагнитных излучений на расстояниях выше 45 м от ЭВМ в значительной степени затрудняется и становится дорогостоящей операцией. Однако, при использовании более сложной и дорогой аппаратуры перехвата можно усилить и слабый сигнал. Например, большинство оконечных устройств с использованием дисплеев регенерирует отображаемую информацию через короткие промежутки времени. Следовательно, применяя сложные (оптимальные) методы приема, можно совместно обработать и использовать данные нескольких таких циклов генерации.



Рис. 58. Возможные каналы утечки информации из вычислительных систем

12.3. Каналы перехвата информации при ее передаче по линиям связи

Информация после обработки в ТСПИ может передаваться по линиям связи, где также возможен ее перехват.

В настоящее время для передачи информации используют в основном КВ, УКВ, радиорелейные, тропосферные и космические линии связи. В зависимости от вида линии связи технические каналы перехвата информации можно разделить на электромагнитные, электрические, индукционные (рис.59) [22].

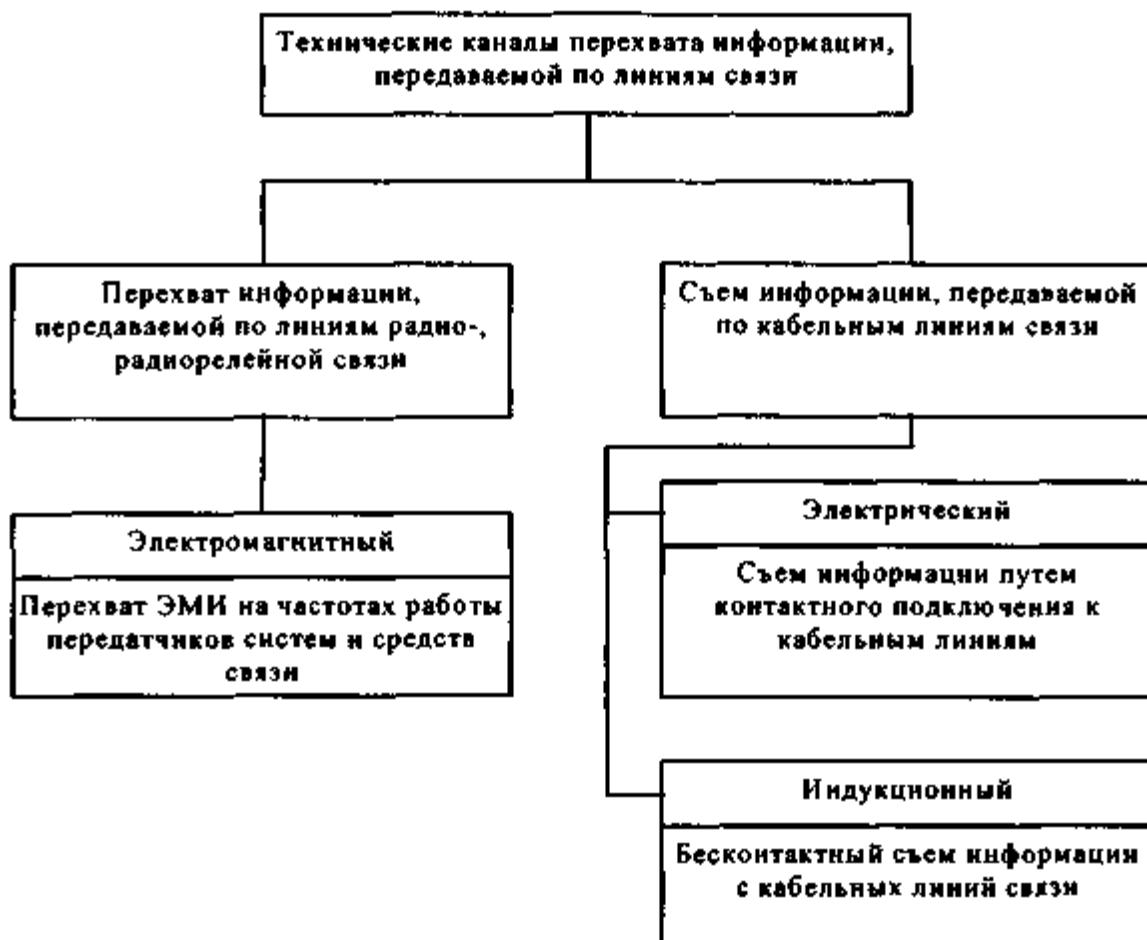


Рис. 59. Классификация технических каналов утечки информации, передаваемой по линиям связи

12.3.1. Электромагнитный канал перехвата информации

Высокочастотные электромагнитные излучения передатчиков средств связи, модулированные информационными сигналами, могут перехватываться средствами радиоразведки. Данный канал перехвата информации наиболее широко используется для подслушивания телефонных разговоров ведущихся по радиотелефонам, сотовым телефонам, по радиорелейным и спутниковым линиям связи.

12.3.2. Электрический канал перехвата информации

Электрический канал перехвата информации, передаваемой по кабельным линиям связи, предполагает контактное подключение аппаратуры разведки к кабельным линиям связи.

Самый простой способ – это непосредственное параллельное подключение к линии связи. Но данный факт легко обнаруживается, так как приводит к изменению характеристик линии связи за счет падения напряжения. Поэтому средства разведки подключаются к линии связи или

через согласующее устройство, снижающее падение напряжения в линии, или через специальные устройства компенсации падения напряжения. В последнем случае аппаратура разведки и устройство компенсации подключается к линии связи последовательно, что существенно затрудняет обнаружение несанкционированного подключения.

Контактный способ используется в основном для снятия информации с коаксиальных и низкочастотных кабелей связи. Для кабелей, внутри которых поддерживается повышенное давление воздуха, применяются устройства, исключающие его снижение, что, предотвращает срабатывание специальной сигнализации.

Электрический канал наиболее часто используется для перехвата телефонных разговоров. При этом перехватываемая информация может непосредственно записываться на диктофон или передаваться по радиоканалу в пункт приема для записи и анализа. Устройства, подключаемые к телефонным линиям связи и комплексируемые с устройствами передачи информации по радиоканалу, называются телефонными закладками.

12.3.3. Индукционный канал перехвата информации

В случае использования сигнальных устройств контроля целостности связи, неизменности ее активного и реактивного сопротивления факт контактного подключения аппаратуры разведки будет обнаружен. Поэтому наиболее часто используется индуктивный канал перехвата информации, не требующий контактного подключения к линии связи. В данном случае используется эффект возникновения вокруг кабеля электромагнитного поля при прохождении по нему информационных токовых сигналов, которые могут быть перехвачены с помощью специальных индукционных устройств. Индукционные устройства используются в основном для съема информации с симметричных высокочастотных кабелей. Перехваченные сигналы усиливаются, затем осуществляется временное или частотное выделение интересующего канала и запись перехваченной информации на специальный магнитофон.

Современные индукционные устройства обеспечивают съем информации с кабелей, защищенных не только изоляцией, но и двойной броней из стальной ленты и проволоки, обвивающих кабель.

Для бесконтактного съема информации с незащищенных телефонных линий связи могут использоваться специальные низкочастотные усилители, снабженные магнитными антеннами.

Некоторые средства бесконтактного съема информации могут комплексироваться с радиопередатчиками для ретрансляции в центр ее обработки.

Раздел III

Способы и средства защиты информации от технических разведок, контроль эффективности принимаемых мер защиты

Глава 13

Защита объектов от технической разведки

13.1. Цель, принципы и задачи защиты объектов от технической разведки

Защита объектов от технических средств разведки (TCP) представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий проводимых с целью исключения или существенного затруднения добывания с помощью TCP сведений о вооружении, военной технике и военно-промышленных объектах или создания ложных представлений о них. При осуществлении мероприятий по защите объектов руководствуются определенными принципами, соблюдение которых обеспечивает решение поставленных задач защиты с максимальной эффективностью и минимальной стоимостью. Эти принципы заключаются в том, что защита независима от масштабов проведения и конкретной обстановки, должна быть, комплексной, активной, убедительной, непрерывной, разнообразной, а также экономически обоснованной.

Комплексность защиты означает необходимость противодействия всем опасным видам и средствам технической разведки, согласование всех мер защиты по цели, месту и времени. Активность защиты выражается в настойчивом осуществлении эффективных мер противодействия, навязывании противнику ложного представления об объектах разведки. Убедительность защиты выражается в том, чтобы проводимые мероприятия были правдоподобны, естественны и соответствовали местности, времени года и обстановке в целом. Например, ложные объекты по своему внешнему виду, расположению и другим качествам должны быть похожими на соответствующие действительные объекты. Непрерывность защиты означает, что ее мероприятия должны проводиться постоянно и в любой обстановке на всех этапах жизненного цикла защищаемого объекта. Разнообразие приемов защиты предполагает исключение всякого шаблона при осуществлении мероприятий по скрытию или имитации, так как одинаковый и часто повторяющийся способ защиты может привести к вскрытию

всей системы защитных мероприятий. Экономическая обоснованность принимаемых мер защиты заключается в том, чтобы затрачиваемые силы и средства не превышали ценности скрываемой информации.

При осуществлении защиты от ТСР применительно к конкретным объектам необходимо:

- определить цель защиты и сведения, подлежащие защите;
- провести анализ демаскирующих признаков и возможных технических каналов утечки информации;
- оценить возможности иностранных технических разведок;
- разработать и осуществить технически и экономически обоснованные меры защиты;
- обеспечить контроль эффективности принимаемых мер защиты.

Цель защиты определяется исходя из важности скрываемого объекта, его устойчивости к средствам поражения и подавления противника и ожидаемых затрат на достижение этой цели. Определение сведений, подлежащих защите от ТСР, должно производиться, исходя из цели защиты и с учетом имеющихся перечней сведений, подлежащих скрытию, для каждого этапа жизненного цикла скрываемого объекта. Основное внимание должно уделяться характеристикам, определяющим боевую эффективность вооружения, и сведениям о военно-промышленном объекте, раскрывающим объем производства, новую технологию и т.д.

Важной составной частью мероприятий по защите объектов от ТСР является выявление и анализ демаскирующих признаков и возможных каналов утечки информации, которые должны проводиться на основе изучения особенностей объектов защиты, условий их создания, испытаний, производства и функционирования. Оценка возможностей иностранных технических разведок должна осуществляться применительно к конкретным условиям и конкретным объектам защиты. В результате этой оценки должно быть определено, какие сведения о данном объекте могут быть получены противником с помощью ТСР и по каким каналам, если меры защиты не принимаются. Разработка и осуществление практических мер защиты являются главным звеном в этой системе. Задачами защиты при этом могут быть: скрытие факта создания оружия; скрытие отдельных характеристик образцов вооружения и военной техники, сведений о военно-промышленных объектах; навязывание противнику ложного представления о назначении и возможностях оружия и объектов.

Неотъемлемой частью общей проблемы защиты объектов от технических разведок является контроль эффективности принимаемых мер защиты. Важно не только проводить необходимые мероприятия по защите, но и быть уверенным в том, что они эффективно и надежно перекрывают все возможные технические каналы утечки информации.

13. 2. Общая классификация и характеристика способов защиты

Все многообразие задач защиты объектов от ТСР можно свести к трем типовым задачам:

- скрытие защищаемых объектов или их элементов от обнаружения ТСР;
- исключение возможности измерения (или снижение точности измерений) характеристик скрываемых объектов;
- исключение (или затруднение) распознавания скрываемых объектов (или их элементов) ТСР.

Решение задач защиты от ТСР осуществляется применением различных способов защиты. В зависимости от характера решаемых задач по защите объектов от ТСР применяются способы скрытия и дезинформации.

Скрытие включает в себя пассивные способы, активные способы и спецзащиту.

Пассивное скрытие должно исключать или существенно затруднять обнаружение и определение характеристик объектов разведки путем устранения или ослабления их демаскирующих признаков. Оно обеспечивается проведением организационных мероприятий и технических мер. К организационным мероприятиям относятся:

- введение территориальных, пространственных, временных, энергетических и частотных ограничений на использование и режимы работы скрываемых объектов и их элементов;
- использование маскирующих (экранирующих) свойств местности и местных предметов, гидрологических и гидроакустических условий, метеоусловий и времени суток, ограничивающих возможности ведения технической разведки;
- исключение случаев хранения и складирования вооружения и военной техники на открытых площадках;
- составление специальных схем перевозок вооружения и военной техники;
- установление границ охраняемых территорий (контролируемых зон);
- своевременное оповещение предприятий и полигонов о действиях иностранных технических разведок.

К техническим мерам относятся:

- технические решения, обеспечивающие снижение контрастности объектов по различным физическим полям относительно соответствующего фона;
- технические решения, обеспечивающие снижение уровня различных излучений и акустических шумов скрываемых объектов;

- использование маскирующих поглощающих и отражающих (рассеивающих) покрытий, искусственных масок, навесов, экранов, поглощающих насадок, экранирующих и безэховых сооружений;
- окрашивание скрываемых объектов в тона, соответствующие местности и времени года;
- создание аэрозольных, водяных, пузырьковых и взрывных завес;
- применение для настройки и проверки функционирования объектов имитаторов, встроенной аппаратуры, экранирующих помещений и камер, закрытых водоемов (для гидроакустических средств);
- уменьшение в атмосфере, естественных водоемах, земной коре концентрации компонентов продуктов функционирования скрываемых объектов и их элементов.

Активное скрытие включает средства создания ложной обстановки, активных и пассивных помех по различным физическим полям (электромагнитным, акустическим, радиационным, сейсмическим, гидроакустическим и т.д.). На этапе разработки вооружения и военной техники активное скрытие позволяет скрыть остаточные излучения различных физических полей, а на этапе испытаний защитить информацию, передаваемую по каналам радио и радиорелейной связи, телеметрии, внешнетраекторных измерений. Активные средства скрытия применяются в основном как дополнительная мера к пассивным средствам скрытия, когда последние не обеспечивают необходимое уменьшение уровня маскируемых излучений.

Специальная защита заключается в применении аппаратурных, криптографических и программных средств и способов защиты; установлении специальных правил использования информации; проведении организационных и технических мероприятий исключающих извлечение информации путем несанкционированного доступа или с помощью ТСР.

Дезинформация включает: техническую дезинформацию, имитацию и легендирование.

Техническая дезинформация заключается в создании условий, исключающих или существенно затрудняющих достоверное распознавание противником с помощью ТСР, скрываемых объектов, характера и содержания проводимых оборонных работ. Техническая дезинформация обеспечивается:

- созданием ложных объектов, ложной обстановки по излучаемым физическим полям;
- воспроизведением на защищаемых образцах вооружения и военной техники демаскирующих признаков, присущих устаревшим или невоенным образцам;

- нарушением (искажением) привычного для противника сочетания характерных признаков вооружения и военной техники (или их элементов), присущих определенным классам, типам, образцам.

Техническая дезинформация может применяться как на этапах разработки и создания вооружения и военной техники так и на этапах их испытаний, когда использование способов скрытия затруднительно или невозможно.

Имитация — составная часть технической дезинформации, заключающаяся в воспроизведении демаскирующих признаков объекта прикрытия путем реализации планировочных, объемно-планировочных, архитектурных и конструкционных решений, а также в применении технических средств имитации (макетов вооружения и военной техники, ложных сооружений, имитаторов различного назначения).

Легендирование состоит в преднамеренном создании условий, при которых в сочетании с другими возможными способами защиты убедительно обеспечивается ложное представление о скрываемых объектах и характере выполняемых работ. При этом наличие объектов и направленность работ полностью не скрывается, а маскируется действительное предназначение объектов и характер проводимых работ путем преднамеренного показа и применения другой или устаревшей техники.

Глава 14

Задача объектов от оптической и оптико-электронной разведки

14.1. Защита от визуально-оптических и фотографических средств разведки

Мероприятия по защите от оптических средств разведки основываются на изменении объема и содержания информации, поступающей к разведывательному средству от фона и скрываемых объектов. Эти мероприятия должны проводиться целенаправленно в расчете на получение необходимого маскировочного эффекта, который оценивается снижением вероятности правильного решения задач разведкой противника [1, 2].

Чем качественнее проведены мероприятия по скрытию объекта, тем меньше вероятность его обнаружения и распознавания, тем выше маскировочный эффект.

14.1.1. Условия получения маскировочного эффекта при скрытии объектов от визуально-оптической и фотографической разведки

Для скрытия объекта от визуально-оптической разведки противника могут применяться следующие меры:

- экранирование объекта, устраняющее его прямую видимость со стороны противника;
- снижение его видимости до порога обнаружения;
- имитация под местный или второстепенный объект.

Устранение прямой видимости со стороны противника достигается при расположении скрываемого объекта за складками рельефа, лесными массивами, строениями, местными предметами, а также при использовании естественных и искусственных облаков, туманов, дымовых завес.

Снижение уровня видимости маскируемых объектов до порога обнаружения достигается путем уменьшения яркостного контраста и цветовых различий между объектом и фоном, а также увеличения порогового контраста.

Яркостный контраст объекта с фоном можно снизить следующими путями:

- уменьшением различий между коэффициентами яркости поверхностей объектов и естественных фонов;
- экранированием объектов просвечивающими материалами, рассеивающими падающее на них излучение, такими как разреженные сетчатые ткани или маскировочные покрытия на сетевой основе с несплошным заполнением;
- уменьшением интенсивности теней.

Устранение или снижение цветового контраста между объектом и фоном достигается применением маскировочного окрашивания, а также использованием маскировочных материалов, которые по цвету и по своим спектральным характеристикам в видимой части спектра (0,38 - 0,75 мкм) лучше соответствуют окружающему фону.

Увеличение порогового контраста достигается следующими способами:

- уменьшением геометрических размеров объектов и теней от них;
- изменением геометрической формы объектов, переходя, по возможности, от протяженных форм к компактным;
- использованием видовых свойств местности, например, пестрых фонов, которые дают увеличение порогового контраста обнаружения по сравнению с однотонными тонами.

Чтобы затруднить распознавание объектов, необходимо снижать их видимость до порога распознавания. Существует и другой путь воздействия на результаты решения разведывательной задачи. Необходимо так изменить сигналы, поступающие от объекта и фона, чтобы образовывались признаки, несвойственные скрываемому объекту. При скрытии объекта это должны быть признаки местного предмета или второстепенного объекта, а при имитации - признаки имитируемого объекта. Имитирующие макеты и ложные сооружения должны воспроизводить имитируемые объекты по форме, деталям и размерам с такой степенью точности, которая определяется разрешающей способностью и стереоскопическим порогом зрения, а также используемых оптических приборов. Допуски на воспроизведение цвета и яркости объектов определяются контрастной чувствительностью зрения.

Для обнаружения или распознания объекта по фотоснимку противнику необходимо получить изображение этого объекта соответствующей величины, четкости и контраста, при которых обеспечивается возможность дешифрирования изображения. Поэтому, мероприятия по маскировке от фоторазведки имеют целью помешать противнику получить на снимке изображение скрываемого объекта, либо настолько ухудшить качество или изменить характеристики изображения, что выявление объектов будет сильно затруднено или станет вообще невозможным.

Изображения на снимке не будет, если объект экранировать преградой, непрозрачной для видимого света и коротковолновых инфракрасных излучений (0,35 - 0,9 мкм), которые используются при фоторазведке. Такими экранами могут быть складки местности, растительность, искусственные маски.

Чтобы затруднить дешифрирование объектов на фотоснимках, необходимо мерами маскировки добиться снижения контраста фотографического изображения, используя такие методы, как уменьшение различий между объектом и фоном по эффективной яркости, скрытие объектов светорассеивающими средами и материалами, устранением теней, подбором спектральных характеристик красителей под фон местности.

Применяемые для маскировки материалы должны соответствовать фону в области спектра 0,35 - 0,9 мкм. Соответствие спектральных

характеристик объекта фону в видимой и инфракрасной областях должно быть более точным, чем при маскировке от визуального наблюдения, так как фотосъемка может производиться противником в отдельных узких зонах спектра, а контраст изображения может быть больше фотометрического контраста, определяемого эффективными яркостями объекта и фона. При маскировке от фоторазведки необходимо следить за скрытием теней, которые легко выявляются на инфракрасных снимках. Маскирующее действие атмосферной дымки, особенно при фотосъемке в инфракрасных лучах, значительно меньше, чем при визуальном наблюдении, поэтому рассчитывать на существенное снижение контраста фотографического изображения вследствие дымки нельзя. Фотосъемка сквозь облака, туман или дымовые завесы практически невозможна. Такие преграды надежно скрывают маскируемые объекты от обнаружения фотографическими средствами.

Отмеченные выше способы затруднения распознавания объектов при визуальном наблюдении можно использовать и для защиты от фоторазведки. Помимо этого, мероприятия по снижению контраста фотографического изображения затрудняют также и распознавание объектов, так как с уменьшением контраста уменьшается и разрешающая способность изображения, вследствие чего на малоконтрастном изображении часть деталей объекта пропадает.

Макеты и ложные сооружения, которые применяются для обмана фоторазведки противника, должны воспроизводить форму, детали и размеры имитируемых объектов с большей точностью, чем для визуального наблюдения, так как при дешифрировании снимков имеется возможность измерять плановые и вертикальные размеры объектов с высокой точностью. Наименьшие размеры деталей ложных объектов, подлежащих воспроизведению, определяются разрешающей способностью фотографирующей системы на местности.

Таким образом, для защиты объектов от визуально-оптических и фотографических средств разведки следует применять следующие основные способы маскировки:

- использование естественных масок, видовых свойств местности, местных предметов, ночи, тумана, облачности;
- маскировка растительностью;
- применение искусственных аэрозольных образований;
- приданье объектам маскирующих форм;
- маскировочное окрашивание;
- использование оптических искусственных масок;
- применение макетов и ложных сооружений.

Ниже более детально рассматриваются перечисленные способы маскировки.

14.1.2. Использование естественных условий маскировки

Использование естественных условий для скрытия защищаемых объектов является одним из организационных способов защиты. Этот способ заключается в использовании естественных масок, видовых свойств местности, местных предметов, ночи, тумана, облачности и других метеорологических условий, снижающих эффективность применения разведывательных средств.

Применение естественных масок

Естественными масками называются леса, рощи, кустарники, овраги, балки, ущелья, обратные скаты высот, населенные пункты и другие элементы местности, исключающие или затрудняющие возможность обнаружения скрываемых объектов средствами космической, воздушной, морской или наземной разведки.

По количеству естественных масок, имеющихся на местности, она может быть открытой, закрытой или полузакрытой.

К открытой местности относится равнинная или слегка всхолмленная местность, лишенная значительных естественных масок. Открытой местностью является пустынно-степная местность.

На местности, лишенной естественных масок, хорошо видны не только инженерные сооружения, боевые и транспортные машины и другие объекты, но и следы движения техники.

Закрытой считается местность, на которой большая часть площади занята естественными масками. Это лесная, горно-лесная и горная местность, а также местность с густой сетью населенных пунктов.

Полузакрытой называется местность, на которой закрытые участки составляют около 50% всей площади. По условиям маскировки она занимает промежуточное положение между открытой и закрытой местностью. Чем больше на местности естественных масок, тем лучше маскирующие свойства местности.

Естественными масками от воздушной разведки являются густые леса, рощи, кустарники и другие древесные насаждения, населенные пункты, подземные выработки и пещеры. Естественными масками от наземной разведки являются перечисленные выше маски от воздушной разведки, а также обратные скаты высот, овраги, балки, канавы и другие неровности местности, сплошные заборы, насыпи, выемки, снежные валы, стога сена, скирды соломы и другие местные предметы. Неровности рельефа местности и местные предметы, возвышающиеся над поверхностью земли, являются экранами для световых лучей. Поэтому, за обратными скатами высот, за местными предметами, а также в оврагах и балках образуются поля

невидимости, в которых и следует располагать объекты, прокладывать пути, выполнять военно-инженерные работы. При использовании полей невидимости необходимо учитывать высоту маскируемых объектов.

Использование видовых свойств местности

В зависимости от характера местности она представляет при наблюдении с воздуха и на аэрофотоснимках однотонную или пятнистую поверхность. Так, например, степь или луг наблюдаются как одноцветные поверхности. Местность с наличием лесов, рощ, населенных пунктов и участков полей, занятых различными сельскохозяйственными культурами, представляется в виде поверхности, состоящей из многочисленных пятен, отличающихся по яркости, цвету, размерам и форме.

Использование рисунка местности заключается в выборе такого места расположения объекта и придания ему таких формы и размеров, при которых он не отличается от имеющихся на местности пятен. Рисунок местности необходимо учитывать и использовать при строительстве складов с наземными хранилищами, военных городков и других стационарных объектов. Объект должен быть вписан в местность. Вписать объект в местность - это значит выбрать для него такое место и так ориентировать его, придать ему такую форму и размеры, чтобы он сливался с пятнами местности, имеющимися в районе строительства.

Для того, чтобы не нарушать рисунка местности, в качестве подъездов к объектам следует использовать существующие дороги. Строящиеся дороги по своему начертанию и внешнему виду должны походить на местные дороги. Для уменьшения заметности ограждений, троп, линий связи и других линейных объектов, их прокладывают вдоль канав, дамб, дорог, заборов или по границам контрастных пятен.

Использование местных предметов

Возможности разведки оптическими способами резко снижаются в том случае, когда объекты располагаются в тени местных предметов.

Тень используется в целях маскировки в том случае, когда скрываемый объект ниже местного предмета. Если объект выше местного предмета, то размещать его следует с освещенной стороны. При этомискажается падающая от объекта тень. При использовании лесов и рощ маскируемые объекты нужно располагать на их северных опушках, находящихся большую часть времени в тени.

Использование ночи и условий ограниченной видимости

Ночь, туман, осадки и другие неблагоприятные для ведения разведки метеорологические условия снижают возможности разведки визуальным наблюдением, фотографированием и телевизионными средствами.

Разрешающая способность глаза при естественной освещенности ночью значительно ниже, чем днем. Так, при освещенности 0,1 лк она равна 3,5 угл. мин., при 0,01 лк — 18! Снижение разрешающей способности зрения приводит к потере способности различать детали объекта. Ночная темнота уменьшает также возможность фотографической разведки, поскольку создать необходимое для фотографирования искусственное освещение на большой площади затруднительно.

Маскировка объектов способствуют туманы. Плотные и очень плотные туманы практически непрозрачны не только для видимых, но и для ближних инфракрасных лучей. Поэтому при плотных и очень плотных туманах невозможно вести наблюдение и фотографирование не только в видимых, но и в инфракрасных лучах.

Возможности ведения разведки противником с помощью оптических средств снижаются также во время осадков. Наилучшие условия для скрытия войск и объектов от оптических средств разведки создаются во время мороси и мелкого снега.

Воздушная разведка визуальным наблюдением, фотографированием и телевизионными средствами невозможна при низкой сплошной облачности. Так же как и плотные туманы, облака, состоящие из водяных паров и капелек воды, непрозрачны для инфракрасных излучений.

Для наземной разведки оптическими средствами в ясные теплые летние дни большие затруднения представляют потоки нагретого воздуха, поднимающегося вверх. Это перемещение воздуха создает видимость колебания удаленных предметов. Фотографирование при этом нецелесообразно, а эффективность визуального наблюдения значительно снижается. Колебания воздуха особенно сильно проявляются в пустынной местности. Ухудшение видимости наступает через 2-3 часа после восхода солнца и увеличивается с повышением температуры.

Дальность видимости уменьшается также вследствие запыленности воздуха. Колебания воздуха и пылевая дымка в пустынях снижают дальность видимости до нескольких сотен метров. При сильном ветре мелкий песок и пыль, поднимаясь в воздух, вообще исключают возможность ведения разведки.

14.1.3. Методы растительной маскировки

Под растительной маскировкой подразумеваются мероприятия, направленные на скрытие или уменьшение заметности объектов с помощью растительности.

В мирное время основой скрытия объекта является растительная маскировка. Растительная маскировка дает наилучший маскировочный эффект по сравнению с другими техническими приемами маскировки при наличии естественного фона, покрытого растительностью. [2]

Положительными качествами растительной маскировки являются:

- возможность скрытия объекта или уменьшение его заметности от любых технических средств разведки;
- одновременное изменение по временам года видовых свойств растительности и окружающего фона;
- невозможность дешифрирования вновь посаженной растительности вблизи объекта;
- длительный срок маскировочного действия растительности и увеличение маскировочного эффекта с течением времени.

К отрицательным качествам растительной маскировки следует отнести:

- снижение маскировочного эффекта у лиственных деревьев в осенне-зимние сезоны;
- возникновение маскировочного эффекта не сразу после посадки растительности, а спустя некоторое время, когда растительность достаточно разовьется;
- большие первоначальные затраты и уход за растениями в первый период посадки.

С помощью растительности от средств разведки противника маскируются:

- грунтовая обсыпка при строительстве котлованных сооружений;
- грунт в отвалах при возведении подземных сооружений;
- нарушенные участки растительного покрова при выполнении строительных работ;
- бетонные и другие искусственные покрытия на строящихся объектах.

Основными способами растительной маскировки являются:

- a) одернование поверхностей;
- b) посев семян трав;
- c) посадка растений.

Для создания на фоне травяного покрова на территории некоторых объектов разнообразных элементов местности (канавы, дороги, овраги, заболоченные участки и т. д.), наличие которых подчеркивает другой характер объекта или показывает отсутствие эксплуатации данного объекта,

применяются агротехнические средства, изменяющие цвет и фактуру отдельных участков травяного покрова по заранее намеченным рисункам.

Изменение рисунков и имитации элементов фона достигается применением гербицидов, а также с помощью удобрений и выкашивания травостоя.

Гербициды -химикаты, применение которых способствует полному или частичному отравлению растений, благодаря чему они приобретают окраску засохших растений или другую окраску (бурого, черного или другого цвета). При опрыскивании травяного покрова гербицидами окраска в тот же или на следующий день изменяется. Восстанавливается зеленая окраска через 2-3 месяца. Выбор гербицидов для целей маскировки и их влияние на травостой показаны в таблице 1.

Таблица 1
Действие гербицидов на травяной покров

Название гербицида и химический состав	Цвет, приобретаемый травостоем	Через сколько дней появляется окраска	Время обработки травостоя				Имитация элементов фона	Концентрация растворов, %		
			Весной и летом		Осенью					
			Доза, г на 1 м ²	Длительность сохранения окраски (в м-цах)	Доза, г на 1 м ²	Длительность сохранения окраски (в м-цах)				
Железный купорос (FeSO_4)	Темно-бурый	1-2	75-100	0,5-1	40-50	В течение всей осени	Темная полоса канавы	3-6		
Железный купорос с хлористым цинком ($\text{FeSO}_4 + \text{ZnCl}_2$)	Темно-бурый (почти черный)	1	$\text{FeSO}_4 - 50$ $\text{ZnCl}_2 - 25$	2-3	$\text{FeSO}_4 - 40$ $\text{ZnCl}_2 - 20$	То же	То же	3-6		
Медный купорос (CuSO_4)	Зеленовато-бурый (цвет сена)	1-2	50-60	2-3	40-50	**	-	3-6		
Хлористый цинк (ZnCl_2)	Цвет овсяной соломы	1-2	40-50	2-3	30-40	**	Светлые полосы насыпи вынутого грунта дороги	3-6		
Бертолетова соль (хлорат калия) (KClO_3)	То же	5-6	10-20	3-4	10-15	**	То же	0,5-3		

Внесением в почву удобрений имитируются канавы, заболоченные участки и т. д., так как удобрения придают травянистому покрову только темные оттенки. Для имитации элементов фона применяются минеральные и органические удобрения.

Выкашиванием можно имитировать поля севооборота, отдельные виды культур, кочковатый луг и т. д., что может дать наибольший эффект при маскировке аэродромов. Наиболее удачные результаты имитации подкашиванием травостоя получаются в зоне достаточного увлажнения, менее удачные - в засушливых районах.

14.1.4. Скрытие объектов с помощью дымомаскировки (аэрозольные образования)

Дымовые завесы применяются для скрытия объектов от визуально-оптических средств противника [2]. Для исключения определения точного месторасположения объекта применяют дымовые завесы, в несколько раз превышающие размеры объекта.

На эффективность маскировки с помощью дымов большое влияние оказывают метеорологические условия (скорость и направление ветра, осадки), а также характер местности (рельеф, растительный покров, реки, озера, населенные пункты).

Так, чем больше скорость ветра, тем быстрее рассеивается дымовая завеса и тем на меньшую глубину проникает дым. При ветрах со скоростью 9 м/сек и более дымовую завесу ограниченными средствами ставить нельзя. Ветра с малой скоростью $v \leq 1,5$ м/сек также мало благоприятны для постановки дымовых завес. Наиболее благоприятными для постановки дымовых завес являются ветры с $v = 2-4$ м/сек.

Снегопад на применение дымовых завес влияния не оказывает. Слабые моросящие дожди улучшают маскирующую способность дымовой завесы. Сильный дождь рассеивает дымовую завесу. Характеристика метеорологических условий, влияющих на дымопуск, приведена в таблице 2.

Характер местности существенно влияет на движение и устойчивость дымовой завесы. Наличие препятствий на пути движения дымовой завесы может привести к полному отрыву дымового облака от земли. При движении ветра вдоль лощины глубина проникания ветра увеличивается.

Основными требованиями, которые применяются к дымовым завесам при маскировке объектов дымами, являются:

- общая площадь задымления должна превосходить площадь скрываемого объекта в 5-10 раз;

- обеспечение закрытия дымовой завесой не только самого объекта, но и окружающих его характерных географических или местных ориентиров;
- при задымлении объект не должен быть расположен в центре задымляемой площади;
- расположение дымовых средств (точек) не должно воспроизводить очертания объекта на плане;
- обеспечение скрытия объекта и окружающих ориентиров не только по площади, но и по высоте.

Таблица 2.
Характеристика метеорологических условий дымопуска

Элементы метеорологической обстановки	Условия		
	благоприятные	средние	неблагоприятные
Скорость ветра	2-4 м/с	5-8 м/с	До 1,5 и более 8 м/с
Характер ветра	Устойчивый по направлению и скорости		Неустойчивый, порывистый или штиль
Степень устойчивости воздуха по вертикали	Отсутствие восходящих потоков	Небольшие восходящие потоки	Сильные восходящие потоки

Маскировка дымами объектов обычно осуществляется с помощью дымовых машин и бочек, приспособленных для дымопуска. При задымлении объектов, в зависимости от различных условий, дымовые средства располагают по площади, кольцевыми или комбинированным способами.

При размещении дымовых средств "по площади" подлежащую задымлению площадь разбивают на равные участки размером 2x2 км. На каждом участке устанавливают от 3 до 16 дымовых машин, т. е. на 1 км² устанавливается 2-4 дымовые точки. Этот способ применяется при задымлении участка размером не менее 20 км², на котором располагается несколько объектов.

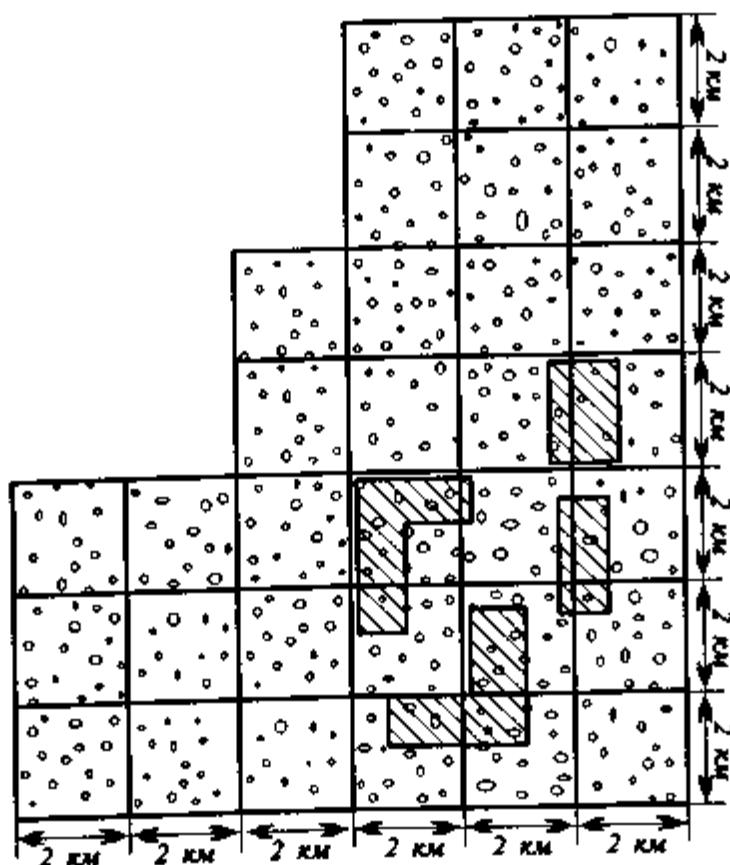


Рис. 1. Схема задымления объектов "по площади"

Наиболее целесообразно применять указанный способ на резко пересеченной местности или на местности с наличием растительности при слабых и штилевых ветрах (рис. 1).

При кольцевом способе дымовые средства располагают внутри объекта по одной, двум или трем окружностям (кольцами). При этом обеспечивается полное прикрытие объекта дымом независимо от направления ветра.

Первый кольцевой рубеж должен отстоять от центра задымляемой площади на расстоянии до одного км. Дымовые точки располагаются по кольцевому рубежу на удалении около 250 м друг от друга. Такой способ применяется при задымлении площади, меньшей 20 км^2 , на которой располагается один объект. Целесообразно применять кольцевой способ на относительно ровной местности, хорошо продуваемой ветрами (рис. 2). Комбинированный способ заключается в том, что каждый скрываемый объект в отдельности прикрывается кольцевым способом, а участок местности расположения объектов прикрывается способом "по площади".

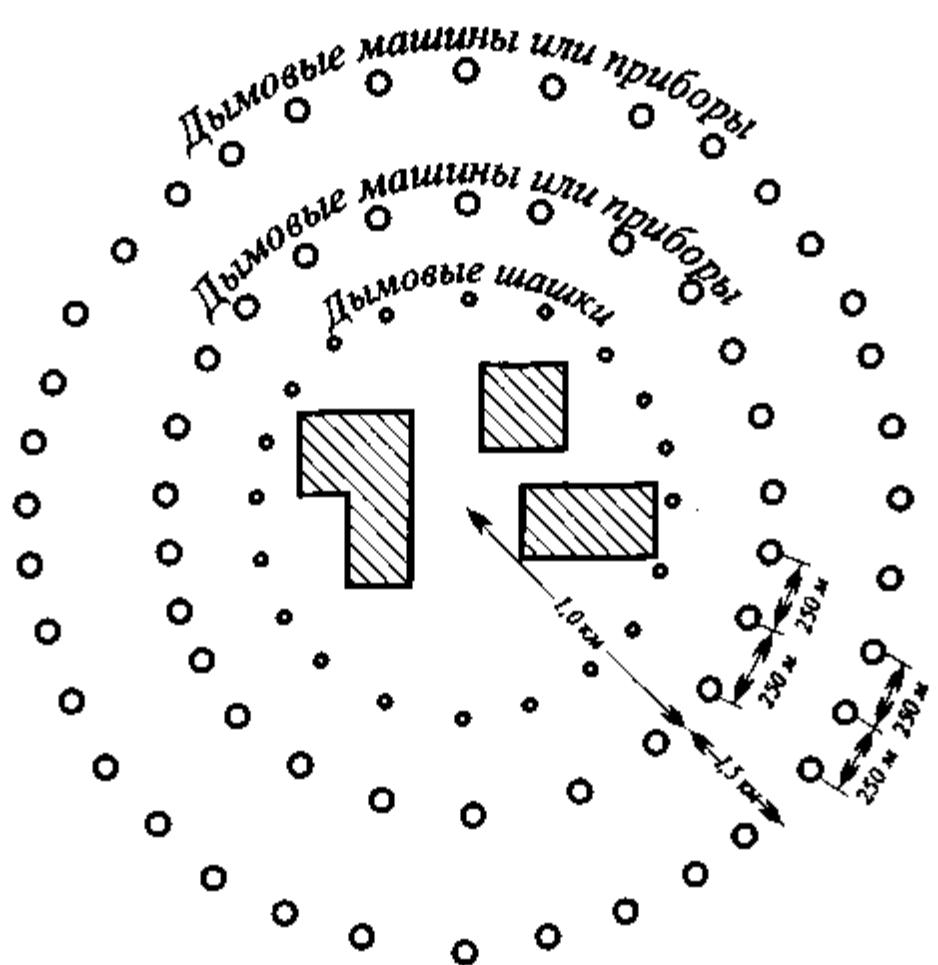


Рис. 2. "Кольцевая" схема задымления объектов

Поэтому комбинированный способ применяется при наличии нескольких объектов, расположенных на расстоянии 3-4 км один от другого (рис. 3).

Наиболее экономичным способом задымления является способ "по площади".

К основным маскирующим дымообразным веществам следует отнести: белый фосфор (WP), пластифицированный белый фосфор (PWP), раствор серного ангидрида в хлорсульфоновой кислоте (FS), нефтяные масла, гексахлорэтановая смесь (HC).

Для увеличения действия дымзавес за рубежом за последнее время разработаны новые дымообразующие вещества на основе полиуретановых и фенол-формальдегидных пенопластов.

К средствам применения дымообразующих веществ относятся дымовые шашки, дымовые снаряды и мины, дымовые гранаты, выливные авиационные приборы и дымовые авиабомбы.

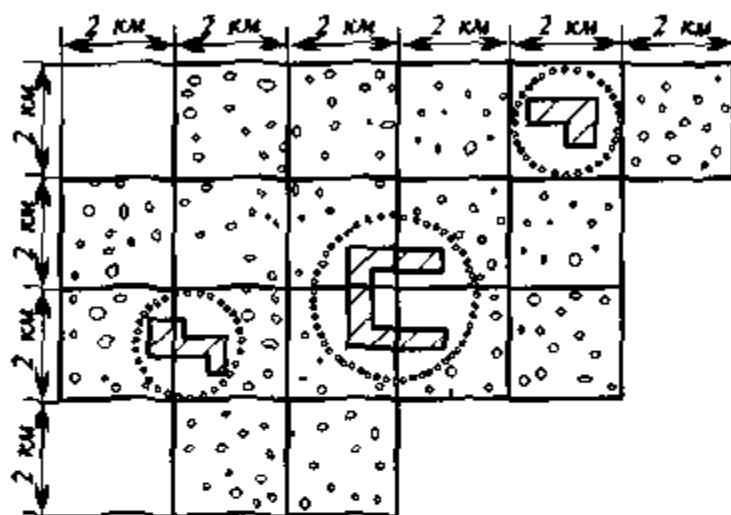


Рис. 3. "Комбинированная" схема задымления объектов

Плавающие дымовые шашки служат для постановки маскирующих дымовых завес на водных рубежах.

Постановка дымовых завес с помощью выливных авиационных приборов производится с малых высот. Протяженность вертикальной дымовой завесы — 450 м.

Ставить вертикальные дымовые завесы целесообразно при скорости ветра 2,5 - 7,5 м/сек.

14.1.5. Придание объектам маскирующих форм

Маскирующая форма — такое конструктивное выполнение объекта маскировки, при котором в целях маскировки уменьшаются или совсем устраняются демаскирующие признаки, свойственные объектам данного класса, либо воспроизводятся демаскирующие признаки объекта, отличного от маскируемого. Приданием объекту маскирующей формы можно одновременно решать обе задачи, т. е. устранять и его собственные демаскирующие признаки, и придавать ему признаки какого-либо другого объекта [1].

Маскирующие формы простых (одиночных) объектов

При оптической маскировке основными способами придания маскирующих форм простым объектам являются:

- уменьшение размеров объекта;
- изменение размеров и формы, типовых для данного класса объектов;
- искажение геометрически правильных форм объекта;
- приданье объекту формы местного предмета;
- использование конструктивных решений, которые уменьшают или исключают наличие оптических демаскирующих признаков.

Уменьшение размеров объекта дает достаточно очевидный маскировочный эффект в связи с ограниченной разрешающей способностью оптических способов разведки.

Если наблюдаемые размеры объекта уменьшаются до величин, соответствующих порогам обнаружения и опознавания при заданном способе разведки, то такой объект вообще не может быть обнаружен или опознан. В этом случае одно только уменьшение размеров полностью решает задачу скрытия объекта без дополнительного применения каких-либо технических приемов маскировки.

Однако наблюдаемые размеры многих объектов в реальных условиях разведки не могут быть уменьшены до уровня пороговых. В этих случаях уменьшение размеров само по себе уже не дает значительного маскировочного эффекта, но может способствовать более эффективному применению других приемов маскировки, так как меньший объект всегда легче скрыть при прочих равных условиях разведки и маскировки.

Уменьшение наблюдаемых размеров может быть достигнуто и без изменения действительных размеров маскируемого объекта путем скрытия части его, например заглублением в грунт. На рис. 4 видно, что при заглублении могут быть уменьшены не только вертикальные, но и плановые наблюдаемые размеры объекта, а также размеры падающей тени, которая, как известно является одним из важных демаскирующих признаков при оптической разведке.

Изменение типовых размеров и формы объектов не позволяет противнику при разведке использовать заранее известные, характерные именно для объектов данного класса демаскирующие признаки, в результате чего снижается вероятность опознавания объектов.

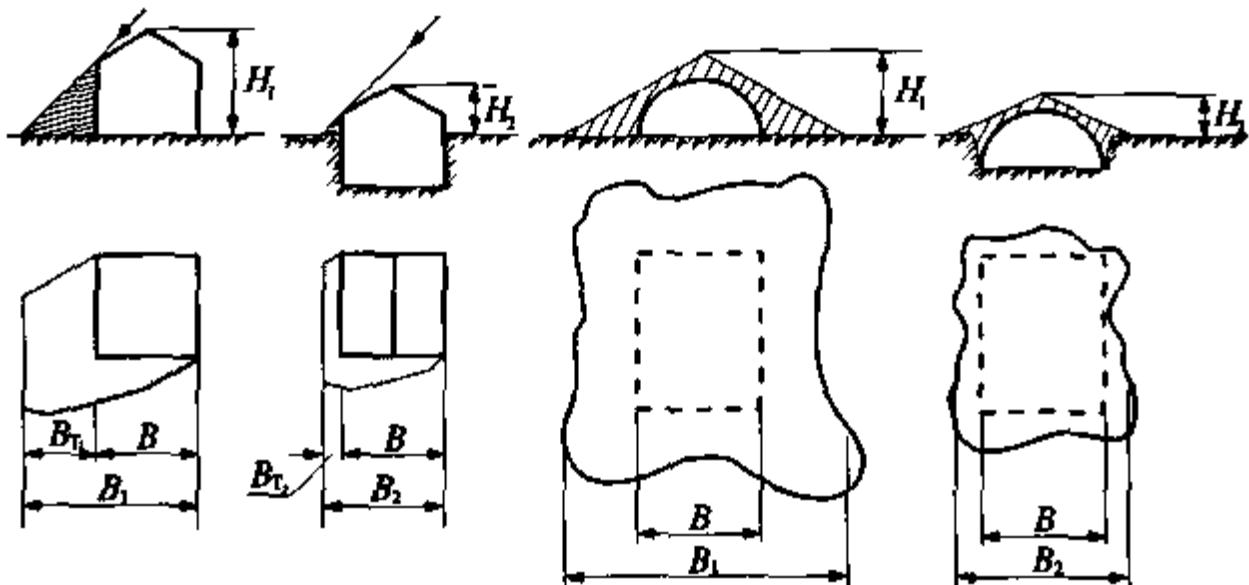


Рис. 4. Уменьшение наблюдаемых размеров объектов при частичном заглублении конструкций

При изменении типовых для данного объекта размеров и форм может предусматриваться придание ему размеров и форм другого, также военного объекта, по каким-либо причинам имеющего меньшее значение для разведки противника.

Искажение геометрически правильных форм объекта применяется при маскировке его под естественный фон местности. Элементы естественного фона – группы деревьев и кустарника, поляны, различные виды рельефа в большинстве своем имеют криволинейные, асимметричные формы, которые представляют резкий контраст с геометрически правильными формами искусственных сооружений. Благодаря контрасту по форме все объекты с геометрически правильными очертаниями особенно легко обнаруживаются и опознаются при оптической разведке даже в случае весьма малых контрастов с окружающим фоном по яркости.

Искажение геометрически правильных форм искусственных сооружений уменьшает вероятность обнаружения их среди естественных образований и пятен местности, а в случае обнаружения затрудняет распознавание, так как при искажении формы устраниются основные видовые демаскирующие признаки объекта. Искажение геометрически правильных форм достигается признаком контурам объектов асимметричных криволинейных очертаний, деформацией поверхности объекта и асимметричным расположением его частей и деталей.

Примеры деформации контуров геометрически правильной плоской фигуры показаны на рис. 5. Для деформации контуров можно предложить большое число различных вариантов, однако во всех случаях необходимо при этом руководствоваться следующими основными требованиями.

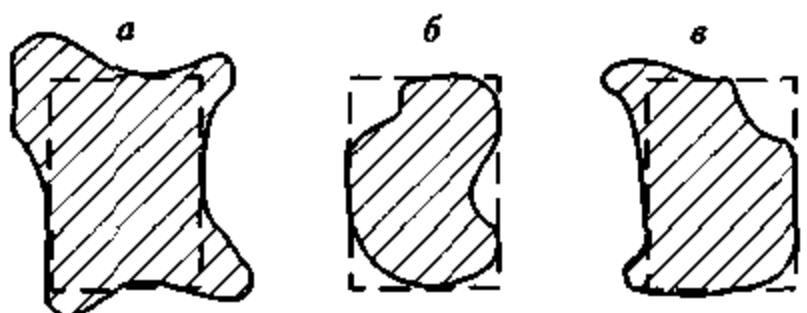


Рис. 5. Способы деформации контуров:

a — с увеличением, *б* — с уменьшением, *в* — с сохранением площади маскируемого объекта

Во-первых, образуемые при деформации выступы и впадины должны искривлять прямые линии и углы и располагаться асимметрично.

Во-вторых, выступы и впадины должны иметь размеры, которые позволяют различать их в предполагаемых (расчетных) условиях разведки, так как в противном случае они не окажут влияния на опознаваемость объекта.

В-третьих, контур, получаемый в результате деформации, должен быть таким, чтобы в него нельзя было вписать, или вокруг него нельзя было описать другой геометрически правильный контур без нарушения двух первых требований.

Придание объекту формы местного предмета способствует принятию маскируемого объекта за этот местный предмет и тем самым обеспечивает его нераспознаваемость. Этот способ придания маскирующих форм является весьма эффективным приемом маскировки многих, в том числе и крупногабаритных, объектов. Маскируемым объектам могут придаваться признаки как естественных, так и искусственных местных предметов.

При маскировке под естественные местные предметы объекту придается вполне определенная форма, которая копирует с необходимой степенью детализации внешний вид соответствующего местного предмета.

При маскировке под искусственные местные предметы появляется возможность имитировать не только окончательный вид и форму местного предмета, но и его строительство, скрывая тем самым строительство маскируемого объекта.

Варианты маскировки объектов под искусственные местные предметы могут быть весьма разнообразными. Обсыпные сооружения могут маскироваться под дамбы, насыпи, постройки; оголовки и входы в подземные сооружения — под постройки, оголовки рудных шахт; казарменные, служебные здания и складские помещения — под типичные для данной местности жилые постройки; специальные коммуникации — под

обычные коммуникации хозяйственного и коммунального назначения; штабели военного имущества — под банкеты грунта, хозяйственные постройки и т. д.

Во всех случаях должны соблюдаться следующие основные требования. При создании объекта в маскирующей форме демаскирующие признаки имитируемого объекта (местного предмета) должны воспроизводиться в такой степени, чтобы они воспринимались в расчетных условиях ведения разведки. Полнота и точность воспроизведения демаскирующих признаков определяется так же, как и для ложных сооружений.

Маскирующие формы сложных (групповых) объектов

Сложный (групповой) объект — это группировка нескольких простых объектов, расположенных на ограниченной площади.

Групповые объекты опознаются по особым, присущим только им демаскирующим признакам, главными из которых являются:

- типы и количество простых объектов, составляющих сложный объект;
- взаимное расположение (ориентировка, удаление) элементов;
- размер и форма площади, занимаемой групповым объектом.

Маскирующая форма группового объекта — это такая планировка объекта, при которой устраняются демаскирующие признаки маскируемого группового объекта, определяемые его типовой планировкой, или воспроизводятся демаскирующие признаки (планировка) другого объекта, отличного от маскируемого.

Групповые объекты могут маскироваться либо под естественный фон местности, либо под другие типовые объекты (народно-хозяйственные или военные), но имеющие меньшее значение для разведки противника, чем маскируемый объект.

При маскировке под естественный фон местности принимается планировка, при которой элементы располагаются "беспорядочно", т. е. на различных удалениях друг от друга и с разнообразной ориентировкой, асимметрично относительно дорог или других протяженных элементов объекта. Общая площадь объекта не должна иметь при этом правильных геометрических очертаний.

Таким образом, сущность придания групповым объектам маскирующей формы при маскировке их под фон естественной местности состоит в ликвидации с помощью соответствующей планировки объекта демаскирующих признаков, присущих группировкам искусственных сооружений — упорядоченного расположения элементов, повторяемости их характеристик и геометрической правильности занимаемого группировкой участка местности.

При маскировке под другой объект применяется планировка, типичная для какого-либо определенного класса народно-хозяйственных или второстепенных военных объектов. При этом подразумевается, что разведка противника знакома с назначением имитируемых объектов и особенностями их планировки. Элементы маскируемого объекта располагаются в такой группировке на таких взаимных удалениях, как это принято делать при планировке имитируемого объекта. При этом элементам маскируемого объекта с помощью маскирующих форм или с помощью технических приемов маскировки придаются демаскирующие признаки элементов имитируемого объекта. Площадь, занимаемая объектом, и количество элементов должны соответствовать типовым размерам и составу имитируемого объекта.

14.1.6. Маскировочное окрашивание

Маскировочное окрашивание применяется для изменения цвета объекта, маски или фона в целях скрытия объекта [1].

При изменении цвета объекта уменьшается его заметность и искажается внешний вид.

При изменении цвета маски обеспечивается наилучшее слияние маски с фоном.

Изменением цвета фона улучшаются маскирующие свойства местности (созданием искусственного расплывчения на однородном по цвету и рисунку фоне), в результате чего объект лучше вписывается в общий рисунок местности.

Маскировочное окрашивание производится:

- путем поверхностной окраски, при которой красочный слой наносится на окрашиваемую поверхность;
- путем глубинной окраски, при которой краситель пропитывает окрашиваемый материал (ткань, маскировочные сети) или пигменты вводятся в качестве составной части при изготовлении материала (цветной цемент, цветная штукатурка, цветные пластмассы).

При поверхностной окраске применяются краски, лаки, эмали и битумы, а также пасты и присыпки из подручных материалов. При глубинной окраске используются синтетические красители, порошкообразные пигменты и крупнофракционные материалы (цветные пески, молотые руды и т. п.).

Материалы, применяемые для маскировочного окрашивания должны изменять отражательные свойства поверхности в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Поэтому, основной характеристикой, определяющей маскировочные свойства различных материалов, является спектральный коэффициент яркости r_λ .

Для маскировочного окрашивания используются три вида окраски:

- защитная окраска;
- имитирующая окраска;
- деформирующая окраска.

Защитная окраска

Защитной окраской называется одноцветная окраска, которая уменьшает цветовой и яркостной контрасты между объектом и фоном и в результате снижает вероятность обнаружения объекта при оптической разведке. Защитная окраска применяется для маскировки подвижных объектов и для окрашивания военного имущества, снаряжения, обмундирования и табельных средств маскировки, предназначенных для скрытия техники и личного состава. Для неподвижных (стационарных) объектов защитную окраску применяют главным образом в случае расположения их на однообразных по цвету и яркости фонах.

Цвет защитной окраски зависит от цвета основного фона, господствующего в наиболее длительный период года в данной климатической зоне.

Таблица 3
Перечень красок, применяемых для защитной
окраски техники и вооружения

Фон	Нанесение красок
Фон зеленой растительности	Зеленые: ХВ-518, ПХВ-512, ХС-744, ПХВ-10
Пустынные и полупустынные фоны	Желто-землистая (песочного цвета): НЦ-132 Темно-коричневая: ПФ-115
Снежный фон	Белые эмали ХВ-1 и ПХВ-1, белила цинковые, литопоновые и титановые

Так, для районов с преобладанием в течение продолжительного времени года зеленого покрова (лес, трава) и с количеством снежных дней в году от 60 до 140 основным цветом фона будет желто-зеленый. Для пустынь, где снеговой покров держится от 40 до 60 дней, а зеленый покров почти отсутствует, основным цветом фона будет желто-серый. Для района тундры (снеговой покров держится в году от 220 до 260 дней) основным цветом фона будет белый.

При защитной окраске красочная пленка по своим маскирующим свойствам (отражающей способности, цвету, фактуре и др.) должна соответствовать характеристикам имитируемого ею фона (хвойный лес, лиственный лес, трава различной высоты, песок, снег и т. д.).

При защитной окраске красочная пленка также должна удовлетворять высоким техническим требованиям (хорошей

прилипаемостью к поверхностям, прочностью и долговечностью) ввиду продолжительного срока ее службы.

Перечень красок, применяемых для защитной окраски техники и вооружения, приведен в таблице 3.

Имитирующая окраска

Имитирующая окраска — многоцветная окраска, воспроизводящая на поверхности объекта цветной рисунок окружающего фона.

Для скрытия от воздушной, космической и наземной разведки стационарных объектов и масок при расположении их на пестром фоне воспроизводят оптические свойства и рисунок окружающего фона. Этот же прием маскировки может использоваться и для скрытия объектов подвижных, но находящихся длительное время на одном месте (специальные железнодорожные поезда на стоянках, специальные автомашины-мастерские, электростанции, фотолаборатории и т. п.). В последнем случае имитирующая окраска является временной и дает эффект только на период пребывания объекта на том месте, для которого окраска предназначалась.

При имитирующей окраске объекта или маски под фон местности пятна фона, примыкающие к объекту (маске), продолжаются на окрашиваемой поверхности и образуют рисунок, свойственный окружающей местности. Пятна окраски должны иметь такие оптические характеристики, размеры и формы, чтобы они не отличались от пятен фона или местных предметов при разведке наблюдением или фотографированием с заданных расстояний.

Оптические характеристики краски должны удовлетворять двум требованиям: во-первых обеспечивать возможно меньший контраст пятен окраски с аналогичными пятнами фона и, во-вторых, должны обеспечивать контраст между соседними пятнами окраски, достаточный для обнаружения пятна в заданных расчетных условиях разведки.

Размеры пятен окраски должны соответствовать размерам воспроизводимых пятен фона и в то же время должны обеспечивать их обнаружение при разведке.

Форма пятен окраски должна соответствовать форме пятен фона, продолжением которых они являются. Те пятна окраски, которые не являются прямым продолжением примыкающих к объекту пятен, не должны резко отличаться от формы пятен фонового обрамления.

Расположение пятен окраски должно затруднять выявление формы и размеров окрашиваемого объекта. Для этого пятна окраски необходимо располагать асимметрично и таким образом, чтобы не подчеркивать контуры объекта и его характерные элементы. В тех случаях, когда на объектах или масках имитируются дороги, тропинки или другие узкие полосы большой

яркости, целесообразно располагать их между темными пятнами окраски, чтобы создать впечатление разъединения объекта или маски на части. Имитируемые окрашиванием дороги или тропинки должны пересекаться с линиями сопряжения вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностей объекта под острыми углами, что обеспечивает наилучший эффект при наблюдении объекта с разных направлений.

При имитирующей окраске стационарных объектов и масок-макетов под местные предметы, постройки и сооружения невоенного назначения или под разрушенные объекты, на окрашиваемых поверхностях изображается рисунок, характерный для имитируемого объекта. Например, при маскировке складского помещения под жилое здание, на стенах помещения изображаются окна, двери, по расположению и размерам характерные для жилых зданий. Крупное сооружение может быть разбито на мелкие путем изображения на крыше и стенах мелких строений, деревьев, кустов, участков дороги и т. п.

Маски-макеты, изображающие постройки или местные предметы, окрашиваются в соответствующий цвет и с помощью окраски на них воспроизводятся наиболее характерные для имитируемой постройки или местного предмета детали.

Имитирующая окраска на многоцветном фоне является в маскировочном отношении более эффективной, чем защитная окраска, так как объект окрашивается не в средний цвет фона, а в те цвета пятен, которые непосредственно примыкают к объекту.

Имитирующую окраску следует рассматривать как временную, связанную с сезонным изменением цветового фона. Ввиду этих условий срок службы красочной пленки будет непродолжительным. Основными требованиями к материалам при имитирующей окраске следует считать:

- отсутствие химического воздействия и разрушения красочного слоя, нанесенного при защитной окраске;
- легкость удаления химическим путем имитирующего красочного слоя.

Исходя из этих условий, для имитирующей окраски целесообразно применять красочные смеси на клеевых и эмульсионных пленкообразователях.

Деформирующая окраска

Деформирующей (искажающей) окраской называется многоцветная окраска в виде различных по форме пятен, сходных по цвету и яркости с наиболее распространенными пятнами фона.

Деформирующая окраска применяется для маскировки подвижных объектов: боевых, специальных, транспортных машин и вооружения на разнообразных по яркости и цвету пестрых фонах. Деформирующая окраска применяется также и для окрашивания покрытий, комбинезонов, военного вооружения и обмундирования.

Деформирующая окраска эффективнее защитной, она труднее поддается дешифрированию на пестрых тонах и обеспечивает меньшую вероятность обнаружения и опознавания маскируемых объектов (рис. 6).

Размеры пятен деформирующей окраски должны обеспечить различение пятен при разведке с заданных расстояний.

Форма и расположение пятен деформирующей окраски должны возможно больше искажать контур объекта и уменьшать вероятность опознавания его характерных деталей. Пятна делаются криволинейными и могут иметь разнообразные очертания с выступами и впадинами. Располагаются пятна асимметрично, так чтобы они не подчеркивали контуров объекта. Пятна примыкающие к контуру не должны у него заканчиваться, их следует продолжать на соседнюю поверхность.

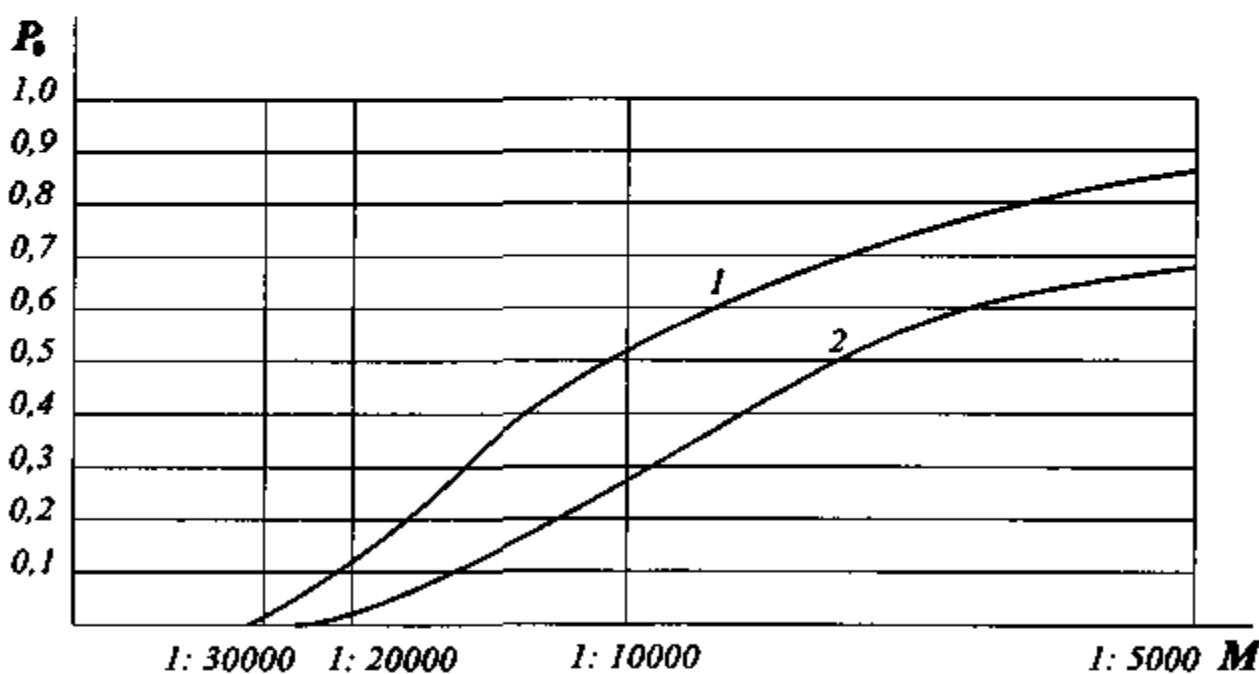


Рис. 6. Вероятность обнаружения техники с защитной (1) и деформирующей (2) окраской при дешифрировании аэрофотоснимков

14.1.7. Использование оптических искусственных масок

Оптическими искусственными масками называются инженерные конструкции, предназначенные для скрытия объектов от оптических средств разведки. Как правило, оптические маски представляют собой экраны, устанавливаемые между противником и скрываемым объектом. Они устраиваются (устанавливаются) в тех случаях, когда объект располагается или на открытом месте или в естественной маске, скрывающие свойства которой недостаточны [1].

По назначению, конструкций и внешнему виду различают следующие типы масок: маски-перекрытия, горизонтальные маски, вертикальные и наклонные маски, деформирующие маски и маски-макеты.

Масками-перекрытиями называют такие маски, у которых покрытие примыкает к земле всеми своими сторонами. Они скрывают объекты от воздушной и наземной разведки противника. В зависимости от положения относительно поверхности земли маски-перекрытия делятся на плоские, вогнутые и выпуклые. Покрытия масок-перекрытий могут быть сплошными или транспарантными. Плоские маски-перекрытия устраиваются при скрытии объектов, не возвышающихся над поверхностью земли, например, при маскировке укрытий для техники, отдельных участков траншей, бетонных поверхностей, тупиковых дорог. Они могут применяться также для перекрытий оврагов, в которых располагаются техника и материальные средства.

Вогнутые маски-перекрытия устраиваются для скрытия объектов, расположенных в оврагах и воронках.

Выпуклые маски-перекрытия применяются для скрытия объектов, возвышающихся над поверхностью земли. В зависимости от окружающей местности они могут иметь вид холма, насыпи, группы кустов или камней. Чаще всего выпуклая маска-перекрытие представляет собой маскировочное покрытие, опирающееся на скрываемый объект или на стойки. В ряде случаев выпуклые маски-перекрытия состоят из каркаса и покрытия. Такие маски преимущественно применяются, например, для скрытия мостов через суходолы.

Горизонтальными называются маски, у которых покрытие расположено параллельно поверхности земли на определенной высоте.

В отличие от других типов масок горизонтальные маски обладают важным положительным качеством: подвижные объекты могут свободно перемещаться под маской и выходить из-под нее. Поэтому их целесообразно применять для скрытия возводимых сооружений, при строительстве которых применяются землеройные машины, а также для маскировки дежурных

самолетов на аэродромах, подвижных средств связи на пунктах управления и других подвижных объектов.

Маски-навесы отличаются от горизонтальных масок тем, что покрытие их может располагаться не только параллельно, но и с небольшим наклоном к поверхности земли. В большинстве случаев это — однопролетные, отличающиеся простотой конструкции и поэтому легко устраиваемые маски. Они применяются для скрытия от воздушной разведки неокопанной боевой, транспортной и специальной техники, имущества полевых складов и других объектов.

Маски-навесы устраиваются чаще всего в населенных пунктах в виде хозяйственных навесов, примкнутых к домам или другим строениям.

Вертикальные маски скрывают расположенные за ними объекты от наземного и воздушного перспективного наблюдения и фотографирования.

Деформирующие маски устанавливаются для искажения формы маскируемого объекта и падающей от него тени. Эти маски применяются при маскировке стационарных и подвижных объектов. В сочетании с деформирующими или имитирующими окрашиванием и масками из живой или срезанной растительности они дают высокий маскировочный эффект.

При маскировке стационарных сооружений применяются следующие разновидности деформирующих масок - козырьки, гребни, пристройки и надстройки.

Козырьки — это горизонтально или наклонно прикрепленные к сооружению плоские деформирующие элементы.

Гребни — это плоские деформирующие элементы, прикрепленные к сооружению в вертикальных плоскостях.

Наибольший эффект козырьки и гребни дают в тех случаях, когда объект располагается в лесу или кустарнике.

Пристройки и надстройки — объемные макеты частей сооружений, применяющиеся для искажения внешнего вида маскируемого объекта. Пристройки и надстройки используются при маскировке сооружений под народнохозяйственные строения, а также при маскировке объекта под разрушенный или сгоревший.

При маскировке подвижных объектов деформирующие маски могут выполняться в виде зонтов, устанавливаемых около маскируемого объекта, или в виде вееров, крепящихся к боковым поверхностям машин.

Деформирующие маски типа "Зонт" применяются для скрытия крупногабаритной техники. Они имитируют деревья и группы кустов и используются самостоятельно или в комплексе с другими масками.

Масками-макетами называются макеты строений или техники, которые, располагаясь над скрываемыми объектами и предназначены для их маскировки под менее важные военные объекты или невоенные объекты.

Макеты строений применяются также для скрытия производства работ. Они состоят из каркаса и оболочки.

14.1.8. Применение макетов и ложных сооружений

Макетами и ложными сооружениями называются специальные конструкции и сооружения, которые имитируют различные объекты в целях маскировки.

Макеты создаются для имитации военной техники, вооружения, местных предметов и построек. Ложные сооружения устраиваются для имитации дорог, бетонных площадок и различных видов фортификационных сооружений [1, 2].

К макетам и ложным сооружениям предъявляются следующие основные требования:

- правдоподобность и полнота воспроизведения демаскирующих признаков имитируемых объектов. При устройстве макетов и ложных сооружений необходимо воспроизводить те демаскирующие признаки действительных объектов, по которым эти объекты опознаются в заданных (расчетных) условиях ведения разведки. При ведении противником оптической разведки должны воспроизводиться видовые демаскирующие признаки, а при необходимости — и демаскирующие признаки деятельности. Расположение макетов и ложных сооружений на местности должно быть всегда тактически правдоподобным;
- прочность конструкции, стойкость к метеорологическим и другим воздействиям должны быть достаточными для сохранения маскировочного эффекта на весь заданный срок эксплуатации макета или ложного сооружения;
- простота конструкции и способов устройства должны обеспечивать возведение и установку макетов и ложных сооружений при незначительных затратах сил и времени;
- транспортабельность — малый вес и габариты при транспортном положении — должны обеспечивать возможность перевозки большого количества заранее заготовленных макетов к месту их применения при наименьших затратах транспортных средств;
- экономичность. Выполнение требования экономичности при создании макетов и ложных сооружений достигается за счет воспроизведения не всех демаскирующих признаков имитируемых объектов, а только тех из них, которые могут восприниматься разведкой в заданных условиях, а также применением недефицитных материалов промышленного изготовления и широким использованием подручных материалов.

Имитационные возможности макетов и ложных сооружений, а также маскировочный эффект, который может быть достигнут, определяются степенью их детализации. Под степенью детализации понимается полнота и точность воспроизведения демаскирующих признаков объекта при изготовлении макета или устройства ложного сооружения. Чем выше степень детализации, тем больше вероятность того, что макет или ложное сооружение будут приняты разведкой противника за действительные.

При определении необходимой степени детализации макета или ложного сооружения выявляются те демаскирующие признаки, которые, во-первых, являются характерными для объекта, и, во-вторых, могут восприниматься в заданных (расчетных) условиях ведения разведки. Именно такие демаскирующие признаки и должны воспроизводиться при создании макетов и ложных сооружений.

При оптической разведке основными видовыми демаскирующими признаками объекта являются их форма, размеры, яркость и цвет, а также различные детали, имеющиеся на поверхности.

Форма является основным демаскирующим признаком, который способствует распознаванию объекта. Поэтому форма имитируемого объекта должна воспроизводиться возможно точнее во всех случаях имитации. Особое внимание следует уделять точности воспроизведения контуров, учитывая при этом способность человеческого глаза воспринимать даже незначительные искажения прямых линий, являющихся, как правило, элементами контуров объектов имитации.

Размеры макетов и ложных сооружений в плане должны соответствовать размерам имитируемых объектов. При этом допускаются незначительные отступления на величину, не превышающую ошибку определения размеров объектов по фотографическим снимкам. Ошибка при измерениях проводимых на аэрофотоснимках с помощью наиболее точных измерительных приборов, $\Delta l = 0,02$ мм. Значит для данных условий разведки (масштаба снимков) допустимые отступления не должны превышать величину

$$\Delta L = \Delta lm,$$

где m — знаменатель масштаба аэрофотоснимка.

Вертикальные размеры могут быть уменьшены по сравнению с имитируемыми действительными объектами. Допустимые отступления зависят от точности дешифрирования стереоскопических фотоснимков, получаемых при воздушной и космической разведке.

Яркость и цвет поверхности зависят от ее оптических свойств и фактуры и могут имитироваться окрашиванием. При окрашивании макетов используются краски, применяемые для окрашивания действительных (имитируемых) объектов, а также различные подручные красящие материалы. Большое значение имеет придание поверхности макетов и ложных сооружений

фактуры, соответствующей поверхности имитируемых объектов, особенно при имитации зеркально отражающих поверхностей (стекло, металл).

Детали имитируемого объекта воспроизводятся при устройстве макетов и ложных сооружений в тех случаях, когда размеры и оптические свойства этих деталей обеспечивают обнаружение и опознавание их при ведении разведки. Отсутствие у макета или ложного сооружения деталей может служить причиной его распознавания как ложного объекта. На рис. 7 в качестве примера показано изменение вероятности опознавания макетов танков при дешифрировании их изображений на аэрофотоснимках различного масштаба.

Для показа противнику военной техники применяются макеты с различной степенью детализации. При необходимости показа незамаскированной техники в условиях, благоприятных для разведки противника, применяются макеты, которые имеют высокую степень детализации. При необходимости показа частично или полностью замаскированной техники, а также при неблагоприятных для разведки противника условиях применяют макеты с малой степенью детализации. В том и другом случае могут применяться стационарные и сборно-разборные (перемещаемые) макеты.

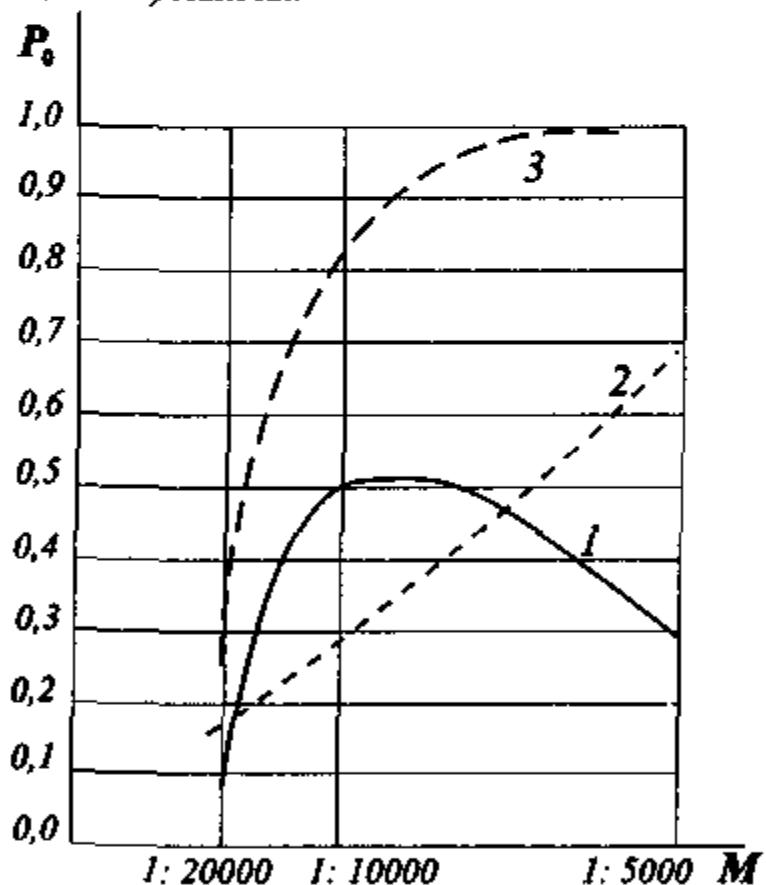


Рис. 7. Вероятность опознавания макетов танков при дешифрировании аэрофотоснимков (разрешающая способность $R=20 \text{ мм}^{-1}$): 1 — вероятность принятия макетов за действительные танки P_1 ; 2 — вероятность опознавания макетов как ложных объектов P_2 ; 3 — сумма вероятностей P_1+P_2 — вероятность опознавания вида техники

Стационарные макеты создаются на месте применения для одноразового пользования.

Сборно-разборные (перемещаемые) макеты изготавливаются заранее, в разобранном или сложенном виде они транспортируются к месту применения, где и производится их сборка (развертка) и установка. Сборно-разборные макеты могут перевозиться и использоваться многократно, а при имитации деятельности объекта могут перемещаться с места на место без разборки.

Макеты построек применяются при создании ложных военных объектов (складов, стационарных позиций РВ и ЗРК, аэродромов, военных промышленных предприятий), для имитации построек невоенного назначения в целях скрытия военных объектов, а также для изменения ориентирной обстановки. Макеты могут быть стационарными или подвижными.

Стационарные макеты построек делаются монолитными (бескаркасными) и каркасными.

Монолитные макеты устраиваются из грунта, а в зимнее время — из снега и льда. Такие макеты имеют всегда меньшую, чем у действительных построек высоту, и предназначаются главным образом для обмана воздушной и космической разведки противника.

Каркасные макеты построек возводятся с применением различных строительных и подручных материалов.

Подвижные макеты построек применяются для маскировки ВПП на аэродромах, а также площадок и участков дорог на некоторых других стационарных объектах. В этом случае легкий каркасный макет строения устанавливается на прочную раму с колесами и передвигается с помощью лебедки или вручную. Подвижные макеты строения могут устраиваться для скрытия техники, входов в сооружения, скрытия производства работ.

Макеты местных предметов (деревьев, кустов, камней, стогов сена и др.) применяются для маскировки объектов, занимающих большие участки местности (аэродромы, склады, позиции ЗРК и т. п.), для маскировки отдельных стационарных объектов (сооружение КП, долговременная огневая точка и др.), для создания объемных покрытий масок большой площади, а также для изменения ориентирной обстановки.

Макеты местных предметов устраиваются объемными и состоят из каркаса и покрытия, воспроизводящего оптические характеристики имитируемого предмета.

Для показа разведке противника инженерного оборудования местности при создании ложных позиций, районов сосредоточения, аэродромов и др. ложных объектов устраивают ложные сооружения.

Ложные окопы и укрытия для техники и личного состава устраивают путем отрывки котлованов, имеющих в плане такие же форму

и размеры, что и действительные сооружения, но меньше по глубине. Бруствера и обсыпка делаются из грунта, полученного при отрывке, причем грунт разравнивается на площади, соответствующей размерам бруствера или обсыпки действительного сооружения. С помощью подручных материалов имитируется маскировка сооружения, а при необходимости в нем устанавливается макет соответствующей техники. Высота макетов, помещаемых в ложные окопы или укрытия может быть уменьшена в соответствии с глубиной ложного сооружения. Показ "замаскированных" окопов и укрытий может осуществляться и без отрывки котлована, а только имитацией бруствера или обсыпки путем снятия и переворачивания дерна и расчистки пятна по форме и размерам соответствующего имитируемому сооружению. В этом случае в центре пятна имитируется "скрытый" маскировочным покрытием или срезанной растительностью котлован.

Ложные дороги устраиваются срезкой верхнего слоя грунта и профилировкой с помощью дорожных машин. Полевые дороги могут имитироваться выкашиванием травы, а также многократным проездом по намеченной трассе гусеничного или колесного транспорта.

Для имитации дорог с твердым покрытием производится присыпка дорожного полотна светлым песком, суглинком или другими материалами с последующей укаткой дорожными катками. Ложные дороги, рассчитанные на длительную эксплуатацию, могут иметь облегченное покрытие, а для обеспечения водоотвода - кюветы, дорожные трубы и дренаж. В зимнее время дороги имитируются расчисткой снега и присыпкой утепняющим материалом.

Во всех случаях при устройстве ложных дорог ширина проезжей части, кюветов, полосы отвода должна соответствовать действительным размерам, принятым при строительстве данного класса дорог. При проведении ложных дорог через препятствия имитируются соответствующие дорожные сооружения. Ложные дороги должны примыкать к действительным или оканчиваться у каких-либо объектов.

Ложные ВПП и бетонные площадки на других стационарных объектах устраиваются так же, как и ложные дороги с помощью профилировки и укатки обнаженного от растительного слоя грунта. Если грунт недостаточно светлый, то перед укаткой производится присыпка слоя 2-3 см светлого песка, щебенки, известки. При необходимости длительной эксплуатации ложной площадки устраивается поверхностный слой из грунтоцемента.

14.2. Защита от оптико-электронных средств разведки

Основными задачами, которые решаются при осуществлении защитных мероприятий от оптико-электронных средств разведки (ОЭСР), являются:

- исключение возможности (или уменьшение вероятности) обнаружения объектов;
- исключение возможности (или уменьшение вероятности) распознавания объекта;
- исключение возможности (или уменьшение вероятности) определения параметров и характеристик объекта.

Задачи защиты от ОЭСР должны решаться на всех этапах жизненного цикла объекта: проектирование, разработка, испытание, производство и эксплуатация.

К числу основных общих способов защиты от ОЭСР относятся:

- экранирование;
- уменьшение разности излучения объекта и фона;
- изменение параметров излучения и формы объекта;
- изменение состава и взаимного расположения объектов;
- создания активных помех.

Экранирование объектов или устранение их прямой видимости в ИК диапазоне достигается путем размещения их за складками рельефа местности, строениями, местными предметами, а также при использовании искусственных экранов, маскировочных сетей, аэрозольных завес.

Уменьшение разности излучения объекта и фона может быть получено при использовании: маскировочного окрашивания, теплоизоляционных покрытий, экранов, маскировочных сетей, аэрозольных завес, вентиляционных и оросительных устройств, химических ослабителей излучения. Достоинством данного способа является его универсальность, возможность его практической реализации многими техническими средствами или их совокупностью.

К числу недостатков можно отнести:

- сравнительно низкую эффективность, что обуславливается весьма высокой чувствительностью современных ОЭСР;
- достаточно большую вероятность обнаружения объектов при неправильном подборе и применении технических средств защиты.

Изменение параметров излучения объектов и их формы, а также состава и взаимного расположения может быть достигнуто путем применения маскировочного окрашивания, теплоизоляционных покрытий, химических ослабителей излучения, экранов, маскировочных сетей, макетов, ложных сооружений и излучателей.

Создание активных помех ОЭСР реализуется при использовании специальных средств постановки помех в ИК диапазоне.

Следует отметить, что разведка с помощью оптико-электронных средств ведется в достаточно широком диапазоне длин волн — от 0,7 до 14 мкм. Принцип действия ОЭСР в диапазоне до 3 мкм основан на приеме отраженного местностью и объектами на ней излучения Солнца, Луны, звездного неба, искусственных источников подсвета, а средства ИК разведки в диапазоне больше 3 мкм, как правило, используют собственное тепловое излучение местности и объектов. В соответствии с этим способы и технические средства защиты в указанных диапазонах имеют свою специфику.

Распространение, отражение и поглощение излучений видимого и ближнего инфракрасного участка спектра (до 3 мкм) подчиняется одним закономерностям и имеет много общего.

Поэтому основные приемы маскировки объектов от наблюдения в ближнем ИК диапазоне ночью будут те же, что и днем, когда ведется визуально-оптическая разведка. Они включают: скрытие объектов путем экранирования и снижения контраста объектов с фоном, искажение их формы, расплывание местности и другие рассмотренные выше приемы, а также имитацию объектов с воспроизведением необходимых демаскирующих признаков. [1]

Существенной особенностью инфракрасной маскировки является то, что все применяемые средства и приемы должны быть эффективными как в видимом свете, так и в инфракрасных лучах в диапазона спектра от 0,4 до 2,0 мкм.

Вследствие большей длины волны инфракрасные лучи лучше, чем видимый свет проникают сквозь атмосферную дымку. Однако, приборы ночного видения и телевизионные средства разведки неэффективны при наблюдении сквозь атмосферные осадки, туман, облака или маскирующие дымовые завесы. Поэтому использование метеорологических условий, естественных преград и дымов должно быть одним из основных приемов маскировки.

При скрытии объектов на растительных фонах необходимо иметь в виду, что живая растительность в различной степени отражает видимый свет и инфракрасные лучи. Замаскированные объекты, которые днем не отличаются по цвету от окружающего фона, могут быть вскрыты противником ночью при наблюдении в ИК лучах. Поэтому применяемые маскировочные материалы должны хорошо соответствовать фону не только в видимой области спектра, но и в инфракрасных лучах.

Маскировочное окрашивание в ближнем ИК диапазоне длин волн применяется для изменения контраста по отраженному излучению между

фоном и расположенными на нем объектами, масками, макетами и ложными сооружениями, а также для изменения контраста между отдельными их элементами.

Маскировочное окрашивание должно изменять отражающие свойства поверхности в видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

При окрашивании изменяется яркость и цвет поверхности, а соответственно изменяется их контраст с фоном по яркости и цвету. Основными видами маскирующих окрасок при оптической маскировке являются защитная окраска, имитирующая (подражательная) окраска и деформирующая (искажающая) окраска. Маскировочное окрашивание — один из наиболее простых и распространенных технических приемов оптической маскировки, применяется как самостоятельно, так и в сочетании с другими приемами.

Окрашивание объектов уменьшает вероятность их обнаружения и опознавания, а в некоторых случаях — обеспечивает полное скрытие объекта от оптико-электронной разведки противника.

Окрашивание масок дает возможность уменьшать контраст между маской и фоном, в том числе и при сезонных изменениях оптических характеристик фона.

Окрашивание макетов и ложных сооружений применяется для придания их поверхностям оптических характеристик, свойственных имитируемым объектам и для изображения плоских и объемных деталей на поверхности макета ложных сооружений. Окрашиванием может производиться и имитация объектов, особенно таких, которые располагаются в плоскости фона: например, имитация бетонной площадки, участка дороги и т. п.

Окрашивание фона применяется для искусственного распытнения в целях улучшения маскирующих свойств местности, а также для увеличения эффекта маскирующих окрасок стационарных объектов. В последнем случае примыкающие к объекту отдельные участки фона окрашиваются для уменьшения контраста между окрашенными поверхностями объекта и пятнами окружающей местности.

Для скрытия объектов от технических средств тепловой разведки в диапазоне длин волн больше 3 мкм необходимо уменьшать их теплового излучения и использовать ложные тепловые цели.

Мероприятия по тепловой маскировке должны быть эффективны в диапазоне спектра до 14 мкм в пределах окон прозрачности атмосферы.

В полосах поглощения атмосферы, которые расположены между "окнами" прозрачности, скрытие или воспроизведение инфракрасных излучений не обязательно.

Снижение теплового излучения маскируемых объектов можно достичь следующими путями:

- снижением температуры нагретых поверхностей;
- экранированием объектов или их нагретых поверхностей препядствиями, непрозрачными для инфракрасных лучей;
- уменьшением их геометрических размеров.

Общая мощность теплового излучения пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры нагретой поверхности. Поэтому уменьшение температуры излучающих поверхностей объектов резко снижает возможности тепловых средств обнаружения. Понизить температуру выхлопных труб двигателей внутреннего сгорания можно двумя путями: уменьшением температуры выхлопных газов и тепловой изоляцией выхлопных труб, патрубков и глушителей.

Первый способ применяется при тепловой маскировке стационарных энергетических установок, второй — при маскировке боевых и специальных машин. Теплоизоляция выполняется с помощью асбеста, стекловолокна и других теплоизоляционных материалов. Для снижения температуры выхлопных газов двигателей стационарных установок применяются котлы-utiлизаторы и термопрессоры. Последнее приспособление выполняется в виде камеры с соплом, укрепленной на выхлопной трубе двигателя. Снижение температуры газов на выходе термопрессора достигается вследствие подачи воды в поток газа, движущегося с большой скоростью, и последующего его расширения. Для снижения температуры труб котельных установок применяется мокрая очистка продуктов сгорания и орошение труб.

При тепловой маскировке применяется поверхностное окрашивание красками и лаками. Излучательная способность тела в соответствии с законами Кирхгофа, пропорциональна его поглощательной способности при данной температуре T :

$$B_T = \alpha_T \cdot B_{ид},$$

где B_T — суммарная излучательная способность;

α_T — суммарная поглощательная способность;

$B_{ид}$ — суммарная излучательная способность идеального излучателя при температуре T .

Следовательно, применение красок, создающих красочные пленки с большими поглощающими способностями, увеличивает способности поверхности к излучению, с меньшими — уменьшает.

Краски с минеральными пигментами, как правило, сильно поглощают тепловое излучение и, соответственно, повышают излучательные способности поверхностей при окрашивании.

Краски с металлическими пигментами слабо поглощают излучение и поэтому уменьшают излучательную способность поверхностей. Это свойство краски объясняется тем, что металлические пигменты в виде мельчайших пластинок располагаются вдоль всей поверхности красочной пленки и образуют непрозрачный отражающий слой. Излучение, падающее на красочную пленку, не поглощается закрепителем краски.

Краска с металлическими пигментами применяется для окрашивания теплоизлучающих поверхностей в целях их маскировки. Наиболее пригодна для этих целей алюминиевая краска, подвергнутая специальной термической обработке.

Суммарная относительная излучательная способность ϵ_T алюминиевой краски практически не изменяется при повышении температуры окрашенной поверхности. В то же время, как видно из таблицы 4, ϵ_T алюминиевой краски в 2,5-3 раза меньше, чем ϵ_T красок с минеральными пигментами.

Так как суммарная плотность излучения B_T пропорциональна ϵ_T :

$$B_T = \epsilon_T \cdot \sigma \cdot T^4,$$

где σ - постоянная Стефана-Больцмана, то очевидно, что при всех прочих равных условиях, теплоизлучающая поверхность, окрашенная алюминиевой краской, будет давать плотность излучения в три раза меньшую, чем при окрашивании этой поверхности минеральными красками (табл. 4).

Таблица 4
Излучательная способность некоторых красок, лаков и эмалей

№/пп.	Наименование красящего материала	Темпера- тура T , °C	Суммарная относительная излучательная способность ϵ_T
1	Краски масляные с минеральными пигментами	100	0,29 — 0,96
2	Лак черный	95	0,98
3	Эмалевая белая краска	23	0,90
4	Краска алюминиевая	100	0,29

При необходимости имитации теплоизлучающих объектов излучатели в целях повышения их коэффициента полезного действия окрашиваются красками, повышающими излучательные свойства поверхностей.

Обязательным условием снижения теплового излучения выхлопных газов двигателей является бездымность выхлопа, ибо коэффициент излучения выхлопных газов определяется только концентрацией и температурой твердых раскаленных частиц.

Экранировка инфракрасного излучения нагретых нагретых поверхностей и выхлопных отверстий резко снижает дальность обнаружения маскируемых объектов. Для устройства экранов используют листовой металл и другие негорючие материалы. Хороший эффект скрытия получается и при использовании оптических масок из синтетических материалов с достаточной плотностью заполнения покрытия.

Для борьбы с теплом, которое в большом количестве выделяется при запуске баллистических ракет с надводных кораблей, можно заполнять воздухом междубортное пространство, а забортной водой — трюм, из которого производится запуск ракеты, применять теплоизолирующие материалы с одновременным охлаждением забортной водой защищаемых корабельных конструкций.

Эффективным средством тепловой маскировки объектов считается постановка дымовых завес. Завеса должна обладать поглощающими свойствами в области спектра 3 - 5 мк. Кроме дымовых завес, такими свойствами обладают водяные капли естественных и искусственных туманов и дождя. Хорошими маскирующими свойствами в области спектра до 6 мк обладает такое дымообразующее вещество, как четыреххlorистый титан. Американские специалисты ведут работы по получению дешевым способом этого вещества в чистом виде.

Особенно сложной является проблема тепловой маскировки последней ступени баллистических ракет, так как при входе в атмосферу на конечном участке траектории скорость их достигает 20 М, а температура поверхности поднимается до нескольких тысяч градусов. Широкое применение здесь находят специальные теплоизолирующие материалы.

Скрытие объектов от тепловых средств разведки обеспечивается также при использовании ложных тепловых целей (ЛТЦ).

Ложные тепловые объекты и цели, применяемые при тепловой маскировке, должны воспроизводить излучение имитируемых тепловых объектов по мощности и спектральному составу.

Источник инфракрасного излучения может быть имитирован только применением другого источника, создающего такую же (или несколько большую) мощность излучения в том же диапазоне волн. Следовательно, для

создания мощности инфракрасного излучения, соизмеримой с мощностью излучения двигателей современного сверхскоростного реактивного самолета или ракеты, небольшая тепловая цель должна иметь очень высокую температуру. Это достигается работой ЛТЦ в короткий интервал времени. В США изготавляются генераторы инфракрасного излучения для ЛТЦ, выпускаемых с самолетов. Мощность излучения в диапазоне 0,75 - 7 мк составляет 500 - 2500 Вт, продолжительность горения — до 4 мин. Такие генераторы могут устанавливаться на ложных целях-ловушках типа "Грин-Квайл" или "Файрби".

Ложные тепловые цели для имитации кораблей с паросиловыми энергетическими установками должны в основном излучать энергию вблизи спектра волн длиной 4 мк. Температура ЛТЦ должна быть несколько выше температуры отверстия дымовой трубы маскируемого корабля, но в то же время она не должна излучать видимый свет. Для соблюдения этого условия в качестве ЛТЦ рекомендуется использовать так называемые "темные" излучатели.

За рубежом разрабатывается несколько типов таких излучателей. В качестве примера рассмотрим излучатель, конструкция которого представляет собой рефлектор из полированного алюминия, в фокусе которого находится одна или несколько хромированных трубок диаметром 9-10 мм. Трубки заполнены спрессованной керамической массой, внутри которой помещается нагреватель. Рабочая температура излучателя лежит в пределах 400-750°C. Излучаемая мощность — 1 кВт на 1 м трубки.

Мероприятия по защите от ИК средств разведки должны быть эффективны в диапазоне ИК спектра до 14 мкм в пределах "окон" прозрачности атмосферы. Ниже представлены размеры "окон" прозрачности атмосферы на уровне моря и соответствующие их температуры максимального ИК излучения (T).

С увеличением высоты ширина таких "окон" увеличивается из-за меньшей плотности воздуха и водяных паров.

В полосах поглощения атмосферы, которые расположены между "окнами" прозрачности, скрытие или воспроизведение ИК излучения не обязательно.

λ (мкм)	T °C
1,5-1,8	1650-1350
2,1-2,4	1100-920
3,3-4,2	600-410
4,5-4,8	370-330
8,0-13,0	90-50

Маскировка объектов от тепловых средств разведки может осуществляться и при создании активных помех в соответствующих участках ИК диапазона. Такие помехи затрудняют обнаружение и распознавание объектов.

Глава 15

Защита радиоэлектронных средств и информации от радио- и радиотехнической разведки

Мероприятия по защите от радио и радиотехнической разведки (РР и РТР) направлены на исключение или затруднение обнаружения и перехвата излучения радиоэлектронных средств (РЭС), затруднение измерения параметров сигнала, выделения смысловой информации и определения ТТХ.

Защита РЭС обеспечивается комплексом организационных мероприятий и технических мер. [4]

15. 1. Организационные мероприятия

Для защиты РР и РТР применимы все общие организационные мероприятия. Однако ограничения на использование и режимы работы РЭС имеют особенности. Основанием для введения ограничений на работу РЭС с излучением является выполнение в месте возможного расположения средств РТР следующего условия

$$P_c \geq K_p * P_{PR},$$

где P_c - мощность сигнала РЭС на входе разведывательного приемника;

K_p - отношение сигнал/шум, при котором обеспечивается заданная вероятность обнаружения и распознавания РЭС;

P_{PR} - эквивалентная чувствительность разведывательного приемника, равная отношению его предельной чувствительности к коэффициенту усиления антенны.

В таблице 5 приведен перечень возможных ограничений на работу РЭС в зависимости от расстояния D_p между РЭС и приемником РТР, дальности разведки по главному лепестку D_{gl} и боковым лепесткам D_{bl} ДНА разведывательного приемника.

Территориальные ограничения заключаются в запрещении размещения и работы на излучение РЭС в районах, расположенных вблизи мест возможного нахождения средств РТР.

В случаях, когда территориальными ограничениями не удается обеспечить надежную защиту характеристик сигналов РЭС, применяются пространственные ограничения (ограничение секторов излучений), энергетические ограничения (ограничения мощности выходного излучения).

Таблица 5

Условия назначения ограничений	Возможные ограничения
$D_p > D_{gl}$	Ограничения не устанавливаются
$D_{bl} < D_p < D_{gl}$	Территориальные, пространственные временные, энергетические
$D_p < D_{bl}$	Территориальные, временные энергетические

При защите от воздушных, наземных и морских средств РТР размеры ограничительного сектора в угломестной плоскости (рис. 8) определяются по формуле:

$$\Delta\alpha \approx \arctg(H / D_3) + \theta_\alpha$$

где H - высота носителя средства РТР;

D_3 - расстояние до средства РТР, отсчитываемое по земле;

θ_α - ширина ДНА защищаемого средства в угломестной плоскости.

В качестве сектора запрета в азимутальной плоскости принимается сектор $\Delta\beta$, расширенный с обеих сторон на величину θ_b (рис. 9):

$$\Delta\beta = \Delta\gamma + 2\theta_b$$

где θ_b - ширина ДНА скрываемого РЭС в азимутальной плоскости;

$\Delta\gamma$ - сектор, в пределах которого выполняется условие

$$D_3 < D_p$$

Определение дальности разведки D_p основано на оценке уровней излучений защищаемого РЭС на входе разведывательного приемника для различных удалений средств РТР от защищаемого РЭС и сопоставлении этих значений с минимально необходимым для решения задач разведки (обнаружения сигнала РЭС, измерения его параметров).

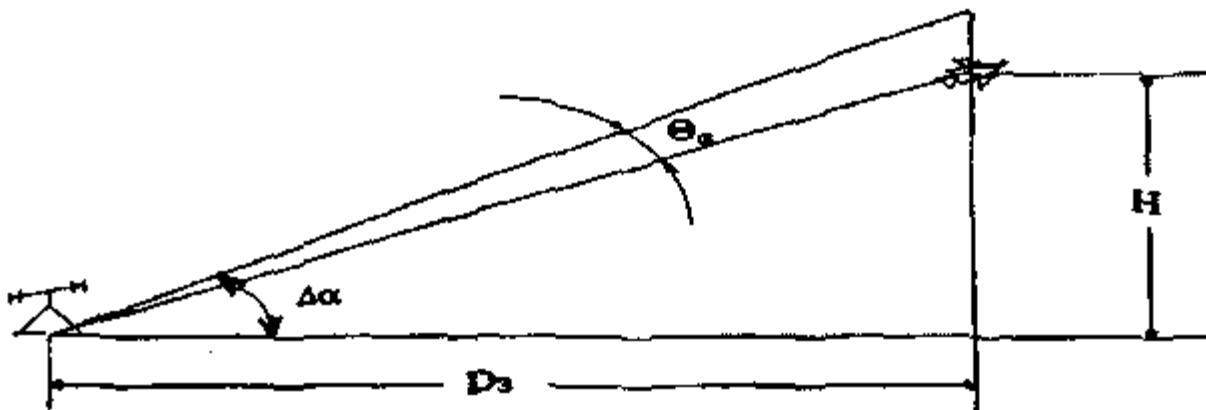


Рис. 8. Сектор запрета в угломестной плоскости

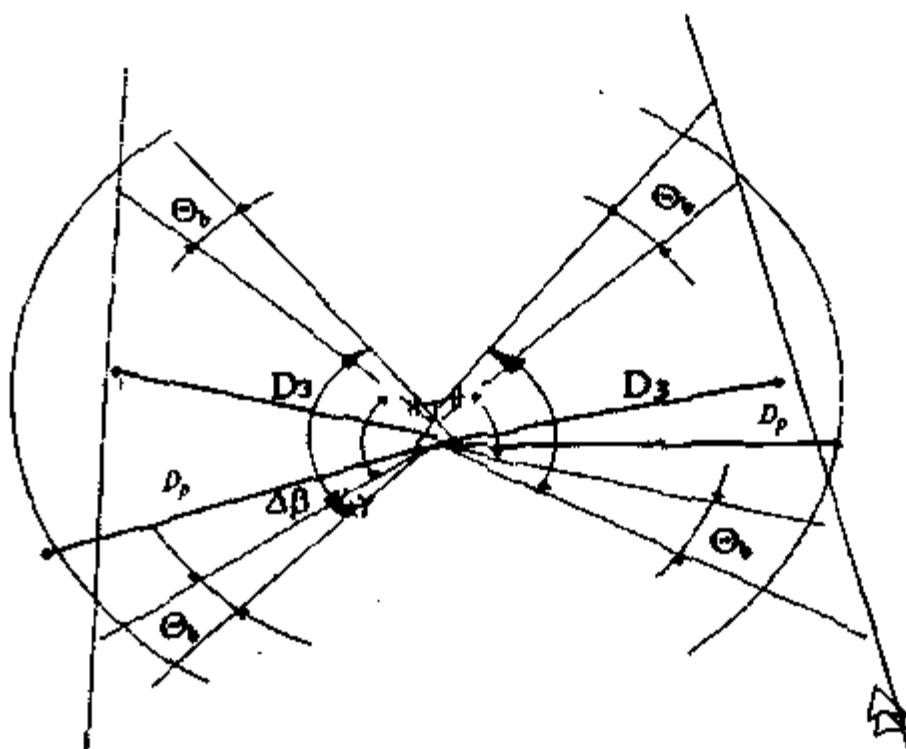


Рис. 9. Сектор запрета в азимутальной плоскости

При защите от аппаратуры РТР, размещаемой на низкоорбитальных ИСЗ типа "Феррет", "Ласл", сектора защиты устанавливаются только в УМ плоскости и их размеры рассчитываются по формуле:

$$\alpha = 90^\circ - \varepsilon,$$

где:

$$\varepsilon = \arccos \left[\frac{(R + H) \sin(l/2R)}{(R^2 + (R + H)^2 - 2R(R + H) \cos(l/2R))^{1/2}} \right]$$

$R = 6378$ км - радиус Земли;

H , м - соответственно высота полета и полоса обзора разведки ИСЗ.

Для разведывательных ИСЗ типа "Ласп" угол ε принимает значения от 11° до 18° в зависимости от высоты полета; для ИСЗ типа "Феррет" $\varepsilon = 11^\circ$.

При защите от РТР, ведущейся с ИСЗ на вытянутых эллиптических орбитах (Джампсит), ограничения на ориентацию главного лепестка ДНА зависят от географической широты расположения защищаемого РЭС.

Если пространственные ограничения не приводят к желаемым результатам, применяются временные ограничения, которые заключаются в установлении запретов на работу РЭС с излучением в открытое пространство на время существования угрозы ведения разведки.

Так, запрет на излучение РЭС в открытое пространство можно применять во время проезда автомобилей и поездов с иностранцами во время посещения ими близлежащих населенных пунктов, во время пролета самолетов иностранных авиакомпаний и разведывательных ИСЗ типа "Феррет", "ССУ", "Джампсит", "Ласп". Минимальную продолжительность запретов можно определить по графикам, приведенным на рис. 10 и 11.

Маскировка излучений РЭС может осуществляться путем установления одновременно нескольких ограничений. Совместное применение различных ограничений рекомендуется использовать тогда, когда разведка излучений РЭС ведется одновременно средствами нескольких видов РТР.

Рекомендуется также устанавливать несколько различных ограничений одновременно в том случае, когда введение каждого из них в отдельности не

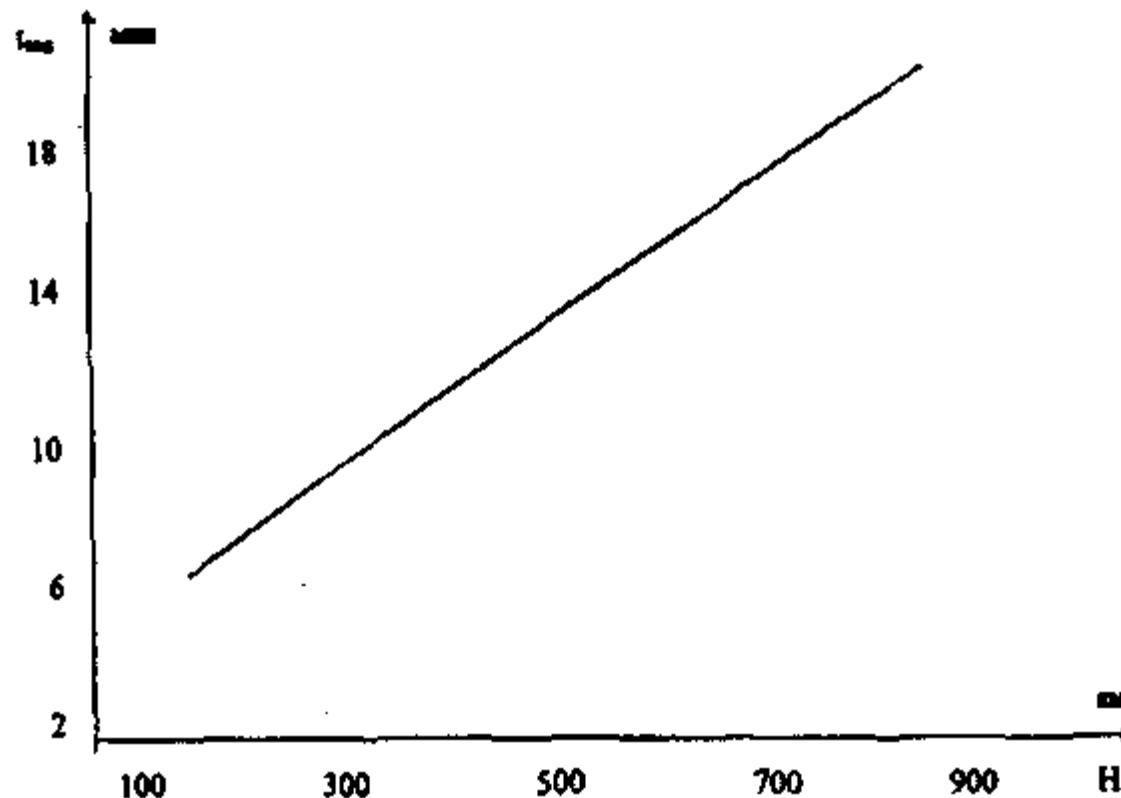


Рис. 10. Продолжительность запрета в зависимости от высоты полета ИСЗ разведчика

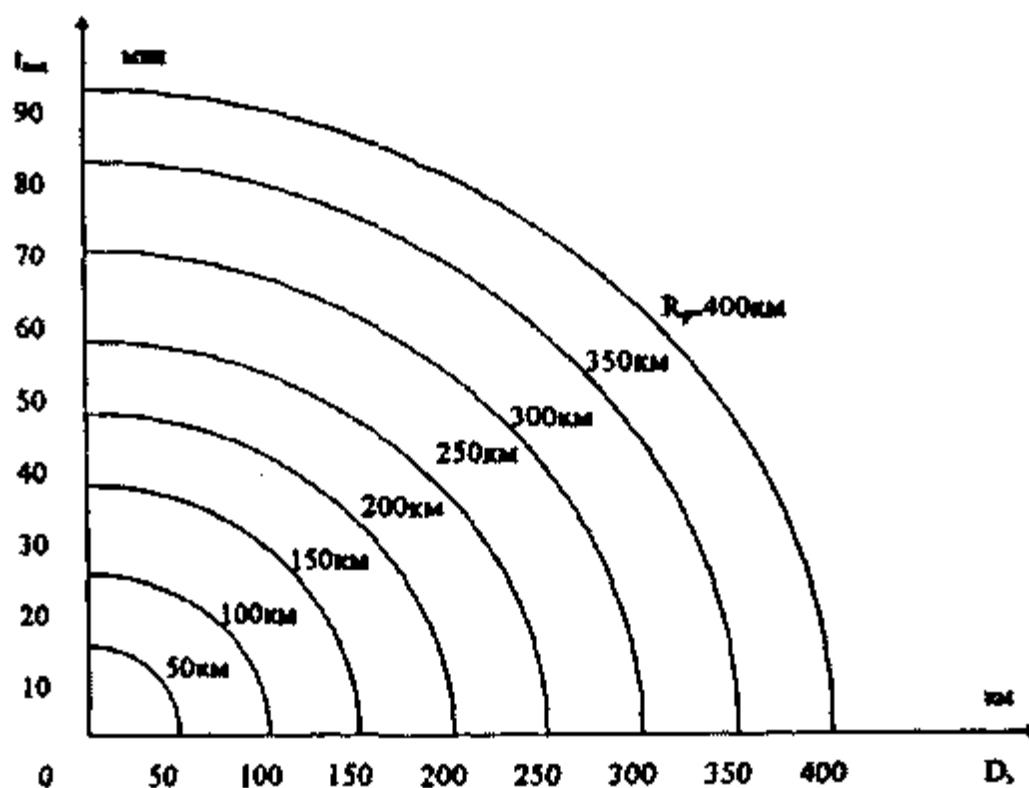


Рис. 11. Продолжительность запрета в зависимости от D_3 и R_p при пролете иностранных самолетов

позволяет обеспечить маскировку РЭС от данного вида РТР. Возможными сочетаниями различных ограничений в этом случае являются:

- территориальные совместно с энергетическими;
- территориальные и (или) энергетические совместно с пространственными;
- пространственные совместно с временными.

Скрытие излучений РЭС может достигаться путем использования ослабляющих свойств местности и местных предметов (гор, холмов, земляных насыпей, лесных массивов, лесопарков и др.).

Ослабление излучений РЭС в УКВ диапазоне такими радионепрозрачными препятствиями как горы, холмы, земляные насыпи может быть определено по графику (рис. 12), отражающему зависимость уровня ослабления излучений РЭС (\mathcal{E}) от величины коэффициента V , равного

$$V = h \left[\frac{2(D_1 + D_2)}{\lambda D_1 D_2} \right]^{1/2},$$

где h - превышение препятствия над линией визирования антенны РЭС на средство РТР, м;

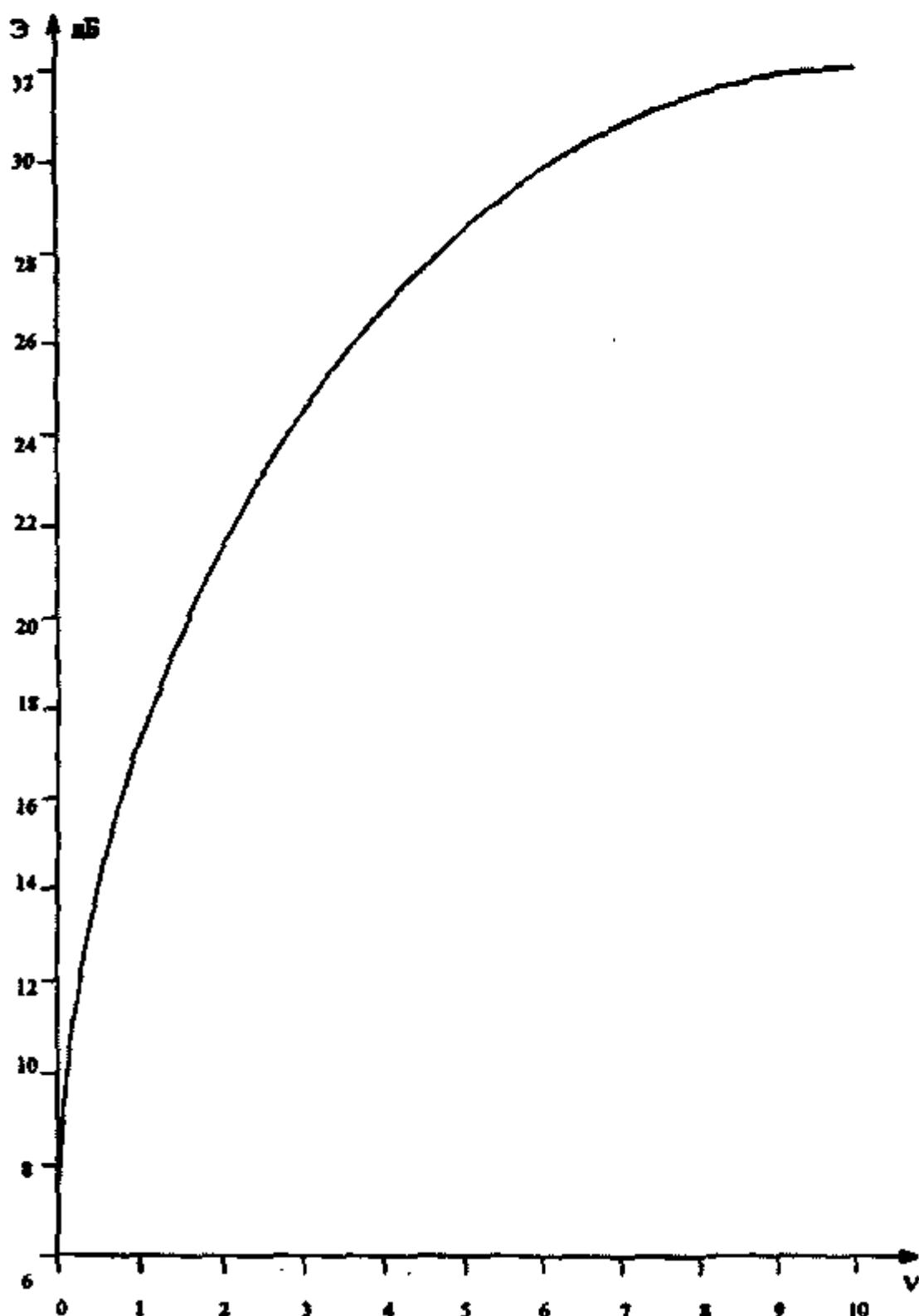


Рис. 12. Зависимость ослабления излучения РЭС радионепрозрачными препятствиями от коэффициента V

D_1 и D_2 - расстояния между РЭС и препятствием, РЭС и местом нахождения средства РТР соответственно, м;
 λ - длина волны, м.

При значениях $V > 10$ ослабление излучения РЭС перечисленными выше препятствиями может быть определено по формуле:

$$\mathcal{E} = 12.95 + 20 \lg V$$

Для значений V , лежащих в пределах от 0 до 2, расчет ослабления может быть выполнен по формуле:

$$\mathcal{E} = 7(1 + V).$$

Ослабление излучений лесными массивами и лесопарками зависит от поляризации и частоты несущей излучения, а также времени года и ориентировочно может быть определено по графику (рис. 13), построенному в результате обобщений экспериментальных данных [19].

15.2. Технические меры

Технические меры, обеспечивающие скрытие излучений РЭС и передаваемых по каналам связи сообщений, могут охватывать:

- снижение уровня ЭМИ РЭС;
- разработку дополнительных средств (блоки и элементы, вводимые в конструкцию РЭС) обеспечения работы РЭС с сигналами мирного времени;
- применение активных технических средств скрытия работы РЭС;
- применение средств засекречивания передаваемой информации.

Технические средства, обеспечивающие снижение уровня излучения РЭС, по своему характеру являются пассивными и находят применение, главным образом, при проведении регламентных работ с РЭС, а также в учебном процессе, связанном с включением и работой РЭС на излучение. Они включают в себя: экранированные помещения, индивидуальные средства скрытия, средства частичного экранирования (рис. 14).

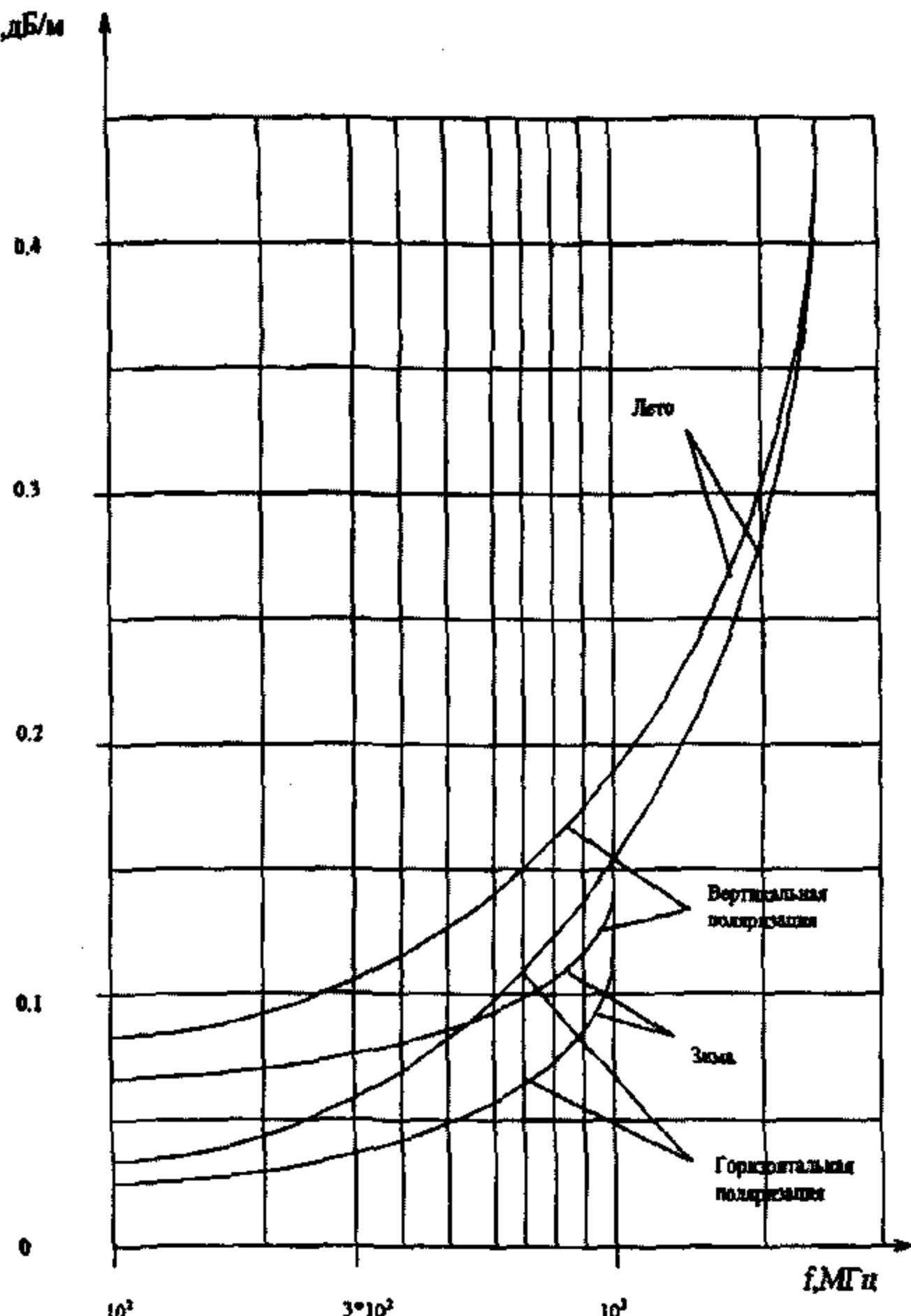


Рис. 13. Сквозное затухание леса зимой и летом; для хвойных пород расчет ведется только по кривой, соответствующей летним условиям

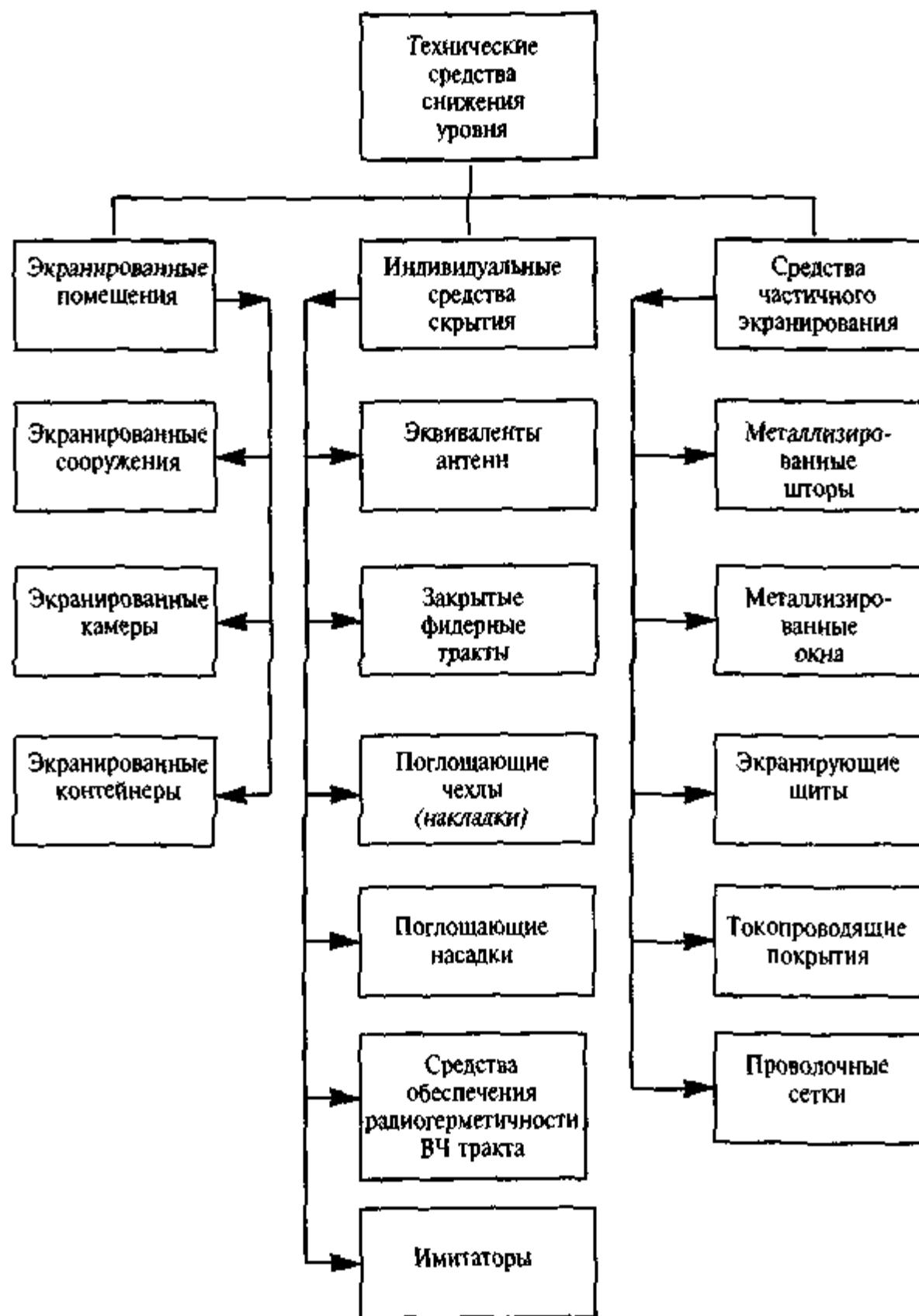


Рис. 14. Классификация средств снижения уровня излучения РЭС

Основной характеристикой средств снижения уровня излучений является эффективность экранирования (ослабления), которая определяется либо отношением спектральной плотности потоков мощностей, либо отношением спектральных потоков мощностей излучения РЭС, измеренных до и после экрана:

$$\mathcal{E}_\Pi = 10 \lg \frac{\Pi}{\Pi_{ЭКР}} ,$$

$$\mathcal{E}_P = 10 \lg \frac{P}{P_{ЭКР}} ,$$

где Π , $P_{ЭКР}$ - спектральные плотности потока мощностей излучения соответственно до и после экрана;

P , $P_{ЭКР}$ - спектральные потоки мощности излучения до и после экрана.

Расчет эффективности экранирования, требуемого для снижения Π и P до допустимых уровней спектральной плотности потока мощности Π_0 и спектрального потока мощности излучения P_0 , производится по формулам:

$$\mathcal{E}_{\Pi_0} = 10 \lg \frac{P_c * G_c}{4\pi r^2 * \Delta F_c * \Pi_0} ,$$

$$\mathcal{E}_{P_0} = 10 \lg \frac{P_c * G_c}{\Delta F_c * P_0} ,$$

где P_c – мощность сигнала;
 G_c – коэффициент усиления антенны передатчика;
 ΔF_c – ширина спектра полосы частот сигнала;
 r – расстояние до точки измерения за экраном.

Эффективность экранирования зависит от вида материала, из которого сделаны стены помещения, его толщины и рабочей частоты скрываемых сигналов.

Экранированные помещения – это сплошные замкнутые экраны, внутри которых размещаются испытываемые РЭС или их элементы. В зависимости от размеров экранированные помещения подразделяются на сооружения, камеры и контейнеры.

Экранированные сооружения представляют собой значительные стационарные постройки (например, ангары, доки, павильоны и др.), предназначенные для настройки, регулировки и испытаний РЭС в составе объекта (носителя) при обеспечении свободного доступа к ним обслуживающего персонала.

Экранированные камеры предназначены для проведения испытаний (отработки) образцов малогабаритных РЭС или их узлов и блоков в процессе разработки и изготовления. Камеры создаются внутри производственных и лабораторных помещений. Их экраны не являются несущими конструкциями здания. Экранированные камеры могут выполняться в разборном и неразборном вариантах.

Для скрытия излучений электровакуумных приборов или отдельных узлов РЭС, при работе которых не требуется присутствие обслуживающего персонала, могут применяться экранированные контейнеры, представляющие собой малогабаритные легко перевозимые и переносимые устройства.

В качестве материалов, из которых изготавливаются экраны используются металлы: сталь, медь, алюминий и сплавы, например, латунь. Наибольшее распространение получила листовая прокатная сталь, которая при толщине 1-2 мм обеспечивает достаточную величину ослабления излучения.

Экраны помещений выполняются в виде цельносварной металлической конструкции. В экране помещений предусматриваются так называемые технологические отверстия, которые в той или иной степени снижают эффективность экранирования. К таким отверстиям относятся: дверные и оконные проемы, смотровые и вентиляционные отверстия, отверстия для подвода электропитания, связи сигнализации и контроля, а также отверстия для ввода труб водоснабжения, отопления и др.

Для уменьшения просачивания излучений РЭС все технологические отверстия оборудуются специальными фильтрами и экранами.

Дверные проемы оборудуются уплотняющими устройствами, обеспечивающими хороший контакт обшитой металлом двери с экраном стен. В некоторых случаях для повышения эффективности экранирования оборудуются входные тамбуры с двойными или тройными дверями.

Для ослабления излучений по вводам проводов цепей электропитания, связи управления, сигнализации и т.д. применяются специальные фильтры (заградительные или поглощающие). Заградительные фильтры представляют собой индуктивно-емкостные цепи с сосредоточенными параметрами. Поглощающие фильтры основаны на применении твердых и сыпучих поглотителей: смеси песка и чугунной дроби, ферритовых порошков и т.д.

Экранирование вентиляционных отверстий производится с помощью диафрагм и ловушек различного сечения, представляющих запредельные волноводы. Диафрагмы используются в основном в диапазоне менее 10000 МГц. На частотах выше 10000 МГц для экранирования вентиляционных каналов целесообразно применять ловушки. Ловушка представляет собой зигзагообразно изогнутый по длине металлический короб с поперечным сечением, равным сечению вентиляционного отверстия. На внутреннюю

поверхность короба наносится радиопоглощающий материал с рифленой поверхностью. Эффективность ловушки определяется качеством радиопоглощающего материала и числом зигзагов.

Ввод труб водопровода и отопления, а также труб, подводящих в помещение различные вещества (керосин, фреон, спирт, сжатый воздух, жидкий азот и т.д.) рекомендуется производить через металлические патрубки. Патрубки привариваются или приворачиваются к пластине, а пластина - к экрану помещения. После прокладки трубы приваривается к патрубку.

Если переотражения излучений внутри помещения нежелательны, внутреннюю поверхность помещения покрывают радиопоглощающими материалами.

Средства частичного экранирования применяются в случаях, когда необходимо уменьшить мощности излучения сигналов в направлении предполагаемого расположения средств РТР или улучшить экранирующие характеристики стационарных помещений. В этом случае ослабление радиосигналов достигается путем частичного экранирования помещения (окон, дверей, вентиляционных и других отверстий, а иногда стен, потолка, пола). Такие меры позволяют ослабить сигнал на 20-30 дБ.

Основным средством экранирования окон является металлизированное стекло, на одну или обе стороны которого наносится бесцветная светопроводящая пленка двуокиси олова.

Экранирование вентиляционных каналов и отверстий в стенах, полу и потолке производится с помощью металлических сеток. Металлические сетки можно применять и для экранирования окон и дверей. Для изготовления сеток чаще всего используется латунь, бронза и сталь. Наиболее дешевыми являются стальные сетки, но они в существенной степени подвержены коррозии, что приводит к нарушению электрического контакта между проволоками сетки и снижению эффективности экранирования. Величина ослабления излучения сетками зависит как от диаметра проволоки и размеров ячеек, так и от длины волны излучения.

При маскировке излучений в широком диапазоне длин волн следует вести расчет сеточного экрана для наименьшей длины волны. Применение сеточных экранов позволяет снизить уровень просачивающихся излучений на 20-60 дБ. Помимо сеток для экранирования дверей и окон возможно применение металлизированных штор из токопроводящей ткани. Для изготовления штор могут применяться ткани трех типов. Первый тип представляет хлопчатобумажную ткань плотного плетения, на которую методом распыления нанесен тонкий слой алюминия или цинка.

Ткани второго типа содержат в своей основе металлические нити, которые при скручивании образуют соленоиды. Вихревые токи,

возникающие в соленоидах, препятствуют прохождению радиоволн через ткань.

Третий тип тканей представляет собой волокнистые материалы с содержанием углерода до 98%.

Повышение эффективности экранирования стен, потолка и пола помещения может быть достигнуто путем нанесения на них токопроводящих покрытий, проведения металлизации их поверхностей или оклеивания металлической фольгой.

Проведение частичного экранирования может обеспечить (с учетом ослабляющего действия стен и перекрытий зданий) в диапазоне 0.3-10 ГГц снижение уровня излучения от 30 до 80 дБ.

Индивидуальные средства скрытия позволяют обеспечить:

- минимальный уровень мощности, излучаемой электровакуумными приборами в окружающую среду;
- максимальную радиогерметичность фидерных трактов;
- возможность проведения проверочных, настроечных и регулировочных работ с РЭС, а также обучения операторов без излучения в открытое пространство.

Мощность, излучаемая ЭВП в окружающее пространство, просачивается, в основном, по выводам питающих напряжений, катодным ножкам, в местах соединений с нагрузкой и др. В целях снижения уровня просачивающегося излучения целесообразно проводить тщательное экранирование указанных узлов, применяя для этой цели различные поглотители и металлизированные экраны. ЭВП с мощностью излучения более 100 Вт следует помещать в специальные металлические камеры.

Излучение фидерных трактов происходит в местах соединения отрезков тракта, в подвижных волноводных узлах, антенных коммутаторах, управляемых и неуправляемых нагрузках и др.

Количественно радиогерметичность фидерного тракта определяется коэффициентом радиогерметичности, представляющим выраженное в децибелах отношение мощности излучения, распространяющегося внутри тракта, к мощности просачивающегося излучения.

Особое внимание следует обратить на качество соединений фидерных линий. С целью уменьшения уровня просачивающихся излучений соединения отрезков волноводов следует производить с помощью болтов (винтов), обеспечивая в местах соединений наибольшее удельное давление. Сопрягаемые поверхности фланцев должны быть притерты.

Между фланцами необходимо устанавливать мягкие (свинцовые или медные) или пружинистые (из фосфористой бронзы) прокладки. Применение указанных мер позволяет обеспечить радиогерметичность фланцевых соединений до 40-100 дБ.

Для получения высокой радиогерметичности фидерных трактов необходимо стремиться к сокращению числа отрезков фидерной линии и компоновки СВЧ узла РЭС в виде моноблока. В последнем случае уменьшается число соединений и появляется возможность применения для обеспечения радиогерметичности единого металлического кожуха.

Обеспечение радиогерметичности коаксиально-волноводных переходов достигается путем тщательной заделки концов кабеля и обмотки мест соединений металлической сеткой или токопроводящей тканью.

Активные элементы фидерных трактов, постоянные и переменные нагрузки, электромеханические модуляторы, антенные коммутаторы, вращающиеся сочленения и другие волноводные узлы имеющие подвижные контакты, должны размещаться внутри замкнутых металлических камер.

Обеспечение возможности проведения работ с РЭС без излучения в открытое пространство достигается введением в его состав закрытых трактов, эквивалентов антенн, антенных насадок, поглощающих чехлов и покрывал, а также использованием различного рода имитаторов.

Закрытые ВЧ тракты представляют собой снабженные аттенюаторами, линиями задержки и другими устройствами фидерные линии, соединяющие между собой передающие и приемные устройства РЭС. По конструктивному выполнению различают приданные и встроенные закрытые тракты.

Приданные закрытые тракты снабжаются двумя антennами, внешние геометрические размеры которых совпадают с соответствующими размерами приемной и передающей антennы РЭС. При проведении проверочных, настроечных и регулировочных работ эти антennы состыковываются с антennами РЭС. Местастыковки закрываются покрывалами из токопроводящей ткани. Тем самым исключается излучение РЭС в открытое пространство и обеспечивается передача мощности излучения на вход приемника РЭС. Подобные тракты могут реализовываться для малогабаритных рупорных антenn. Их применение обеспечивает ослабление просачивающихся излучений на 30-50 ДБ.

Более высокое ослабление дают встроенные закрытые тракты, которые присоединяются к передающему и приемному фидерам через высокочастотные переключатели. При проведении работ передающее устройство нагружается на эквивалент антennы. Часть мощности сигнала передается на вход приемника РЭС. Ослабление просачивающихся излучений определяется качеством высокочастотных переключателей.

Эквиваленты антennы являются одним из основных элементов, которые позволяют обеспечить проведение работ с РЭС без излучения в открытое пространство. Конструктивно эквивалент антennы представляет поглощающую согласованную нагрузку передающего тракта РЭС, помещенную в замкнутый экран.

Большинство из известных эквивалентов антенн обеспечивают ослабление просачивающегося излучения до 70 дБ. Однако, в настоящее время разработаны эквиваленты антенн, позволяющие снизить уровень остаточных излучений на 120-140 дБ.

Обеспечение возможности проведения проверки приемных устройств, а также обучение операторов без излучения РЭС в открытое пространство достигается путем применения выносных и встроенных имитаторов. В общем случае имитаторы представляют собой генераторы, создающие сигналы, совпадающие по форме с сигналами РЭС, но имеющие значительно меньшую мощность.

Применение встроенных закрытых трактов, эквивалентов антенн и имитаторов позволяет производить проверки приемных и передающих устройств РЭС при отключенной антенной системе. Обеспечение возможности проведения работ с подключенной антенной системой достигается применением антенных насадок, а также поглощающих чехлов и покрывал.

Конструктивно антennaя насадка представляет замкнутые металлические конструкции, покрытые изнутри радиопоглощающим материалом. В зависимости от рода проводимых работ насадка может предназначаться для закрытия облучателя или раскрыва антенны. Во всех случаях насадка должна иметь устройство, позволяющее крепить ее по месту установки. Для повышения эффективности экранировки места стыков, необходимо обматывать токопроводящей тканью или металлической сеткой. Данные меры позволяют получить эффективность экранировки до 40-50 дБ.

Поглощающие чехлы и насадки шиваются из отдельных кусков радиопоглощающего материала и покрываются сверху токопроводящей тканью. Чехлами и покрывалами закрываются антенны РЭС. Эффективность экранирования чехлами и покрывалами не превышает 20-30 дБ.

В тех случаях, когда требуется скрыть вид и параметры сигнала РЭС и одновременно обеспечить его нормальное функционирование применяются дополнительные средства, которые закладываются в конструкцию РЭС при его разработке. К числу дополнительных средств относятся устройства, обеспечивающие работу РЭС на рабочих частотах мирного и военного времени. В некоторых случаях скрываются не только несущие частоты, но и другие параметры: вид модуляции, длительность импульсов, структура пачки импульсов и т.д. Это позволяет добиться превосходства над средствами подавления противника в военное время.

Активные технические средства скрытия работы РЭС обеспечивают создание помех разведывательным приемникам, а также имитацию и создание ложной радиоэлектронной обстановки. Они применяются в случае невозможности обеспечения эффективной защиты от РТР путем применения

пассивных средств скрытия и введения различного рода ограничений или в случае, когда их применение недопустимо по каким-либо условиям.

Классификация средств создания помех и ложной радиоэлектронной обстановки приведена на рис. 15. Подавление средств РТР помехами осуществляется с помощью передатчиков заградительных, прицельно-заградительных и прицельных шумовых помех (рис. 16).

Передатчики шумовых заградительных помех излучают шум в широкой полосе частот (десятки, сотни мГц) и применяются в том случае, когда необходимо скрыть несущую частоту и характеристики сигналов РЭС. К числу недостатков таких средств защиты относятся большая необходимая мощность передатчика помех и плохая ЭМС с другими работающими РЭС. Как правило, шумовые заградительные помехи применяются в основном в военное время.

Передатчики шумовых прицельно-заградительных помех отличаются тем, что они излучают шумовые сигналы с шириной спектра по крайней мере в два раза больше ширины спектра защищаемого сигнала ΔF_c . При этом используется набор несущих частот шумовых сигналов, разнесенных на десятки и сотни мГц.

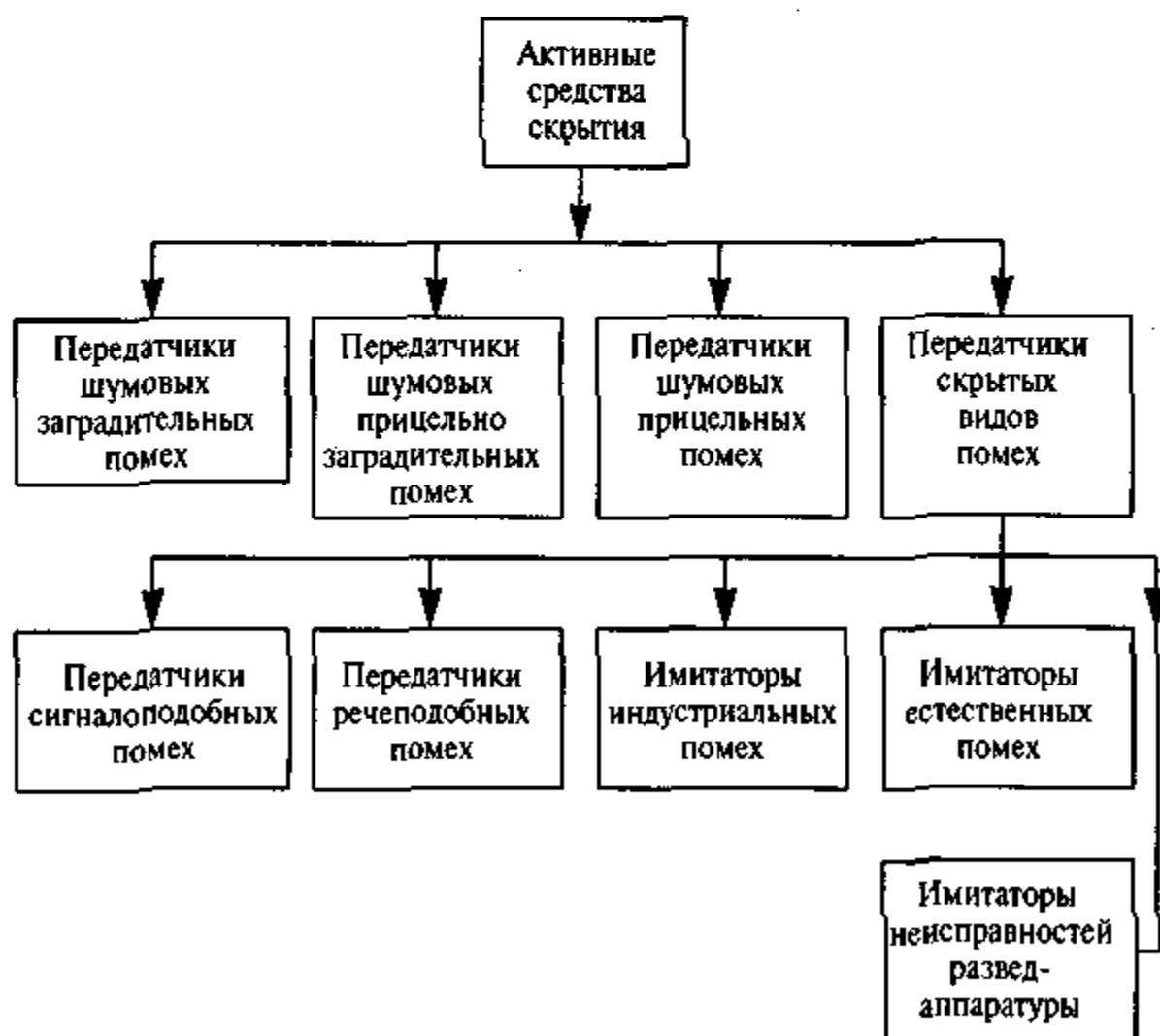
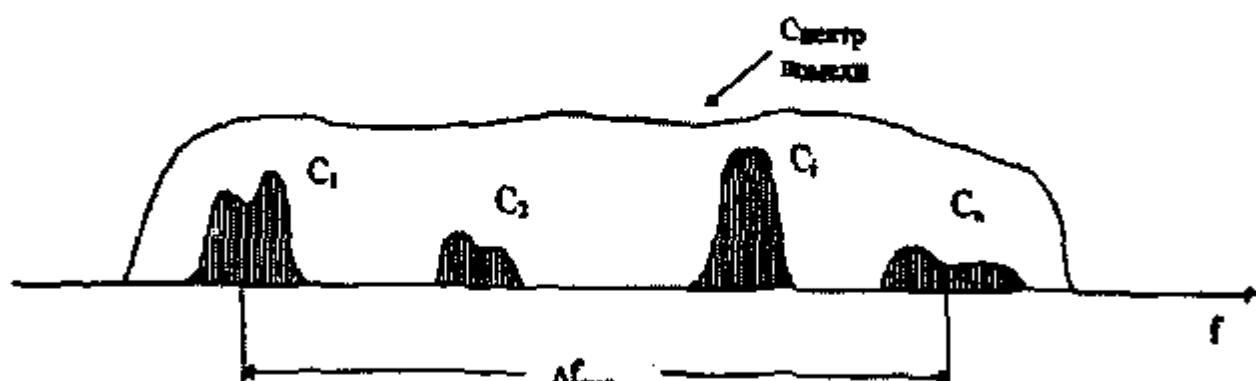
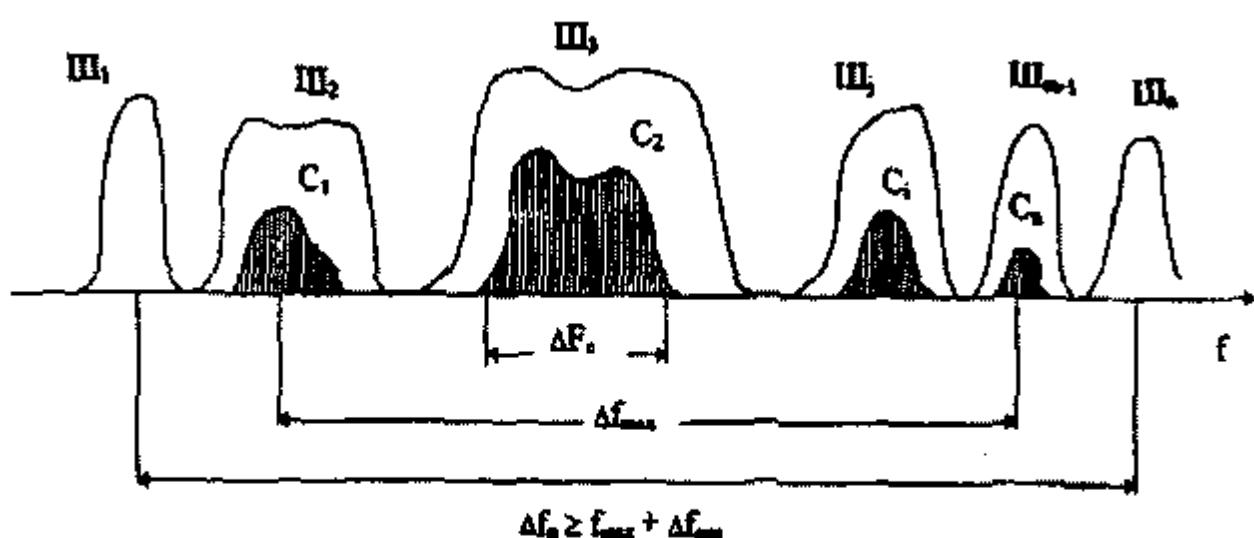


Рис. 15. Активные средства скрытия работы РЭС



а)



б)

Рис. 16. Виды шумовых помех: а) заградительная помеха,
б) прицельно-заградительная помеха

C_j - спектры защищаемых сигналов ($j=1,2,3,\dots,n$);

III_j - спектры отдельных полос прицельно-заградительной помехи ($j=1,2,3,\dots,n$);

Δf_{\max} - общая ширина спектра защищаемых сигналов;

ΔF_C - ширина спектра отдельного сигнала;

Δf_n - ширина спектра помехи;

Δf_{Osh} - ошибка в измерении спектра сигнала;

Прицельная помеха излучается только на частоте защищаемого сигнала и имеет ширину полосы $2F_c$. Эта помеха применяется в том случае, если не требуется скрывать несущую частоту РЭС.

Эффективность применения шумовых помех оценивается коэффициентом маскировки (K_m), при котором обеспечивается заданная вероятность необнаружения сигнала.

$$K_m = R_p/R_s,$$

где R_p и R_s – мощность помехи и сигнала на границе охраняемой территории или в месте возможного расположения средства разведки.

Создание ложной РЭ обстановки и имитация осуществляются с помощью передатчиков скрытых видов помех (рис. 15). Они применяются в том случае, когда необходимо скрыть факт противодействия средствам разведки. Иногда их применение диктуется тем, что они оказываются более эффективными по сравнению с передатчиками шумовых помех.

Передатчики ложных сигналов используются с целью создания неопределенности относительно истинных значений скрываемых характеристик излучений РЭС. Эффективность применения таких передатчиков оценивается коэффициентом ложной информации (K_l) относительно защищаемого сигнала

$$K_l = \frac{n_s}{n_s + 1},$$

где n_s – количество ложных сигналов, приходящихся на один маскируемый сигнал.

Передатчики ложных сигналов целесообразно применять только для маскировки простых импульсных сигналов, когда скрываемыми параметрами являются несущая частота, длительность импульса и частота следования импульсов.

Имитаторы индустриальных и естественных помех применяются для противодействия любым видам аппаратуры РР и РТР. Они содержат устройства памяти (магнитные ленты, диски, барабаны и т.д.), на которых записаны соответствующие помехи, устройства считывания и усилители мощности.

Имитаторы неисправностей разведаппаратуры применяются редко. Это вызвано тем, что их разработка возможна только в том случае, если известно устройства и условия эксплуатации разведывательной аппаратуры противника. Такие средства не являются универсальными, что затрудняет их применение.

Средства создания помех могут размещаться в непосредственной близости или раздельно с защищаемым источником радиосигналов.

Достоинство совместного размещения состоит в невозможности осуществления противником пространственной селекции источников излучения и независимости эффективности подавления от направления разведки. Недостаток данного способа заключается в необходимости создания помехового сигнала большой мощности, а также в усложнении работы защищаемого РЭС по условиям ЭМС.

Раздельное размещение целесообразно применять в случаях, когда известны координаты или параметры перемещения разведывательной аппаратуры.

При организации подавления РТР по главному лепестку ДНА разведывательного приемника ($\theta_{ртр}$) средство помехи должно располагаться таким образом, чтобы угол между линиями "средство помехи - средство РТР" и "защищаемое средство - средство РТР" α не превышал $0.5\theta_{ртр}$ (рис. 17).

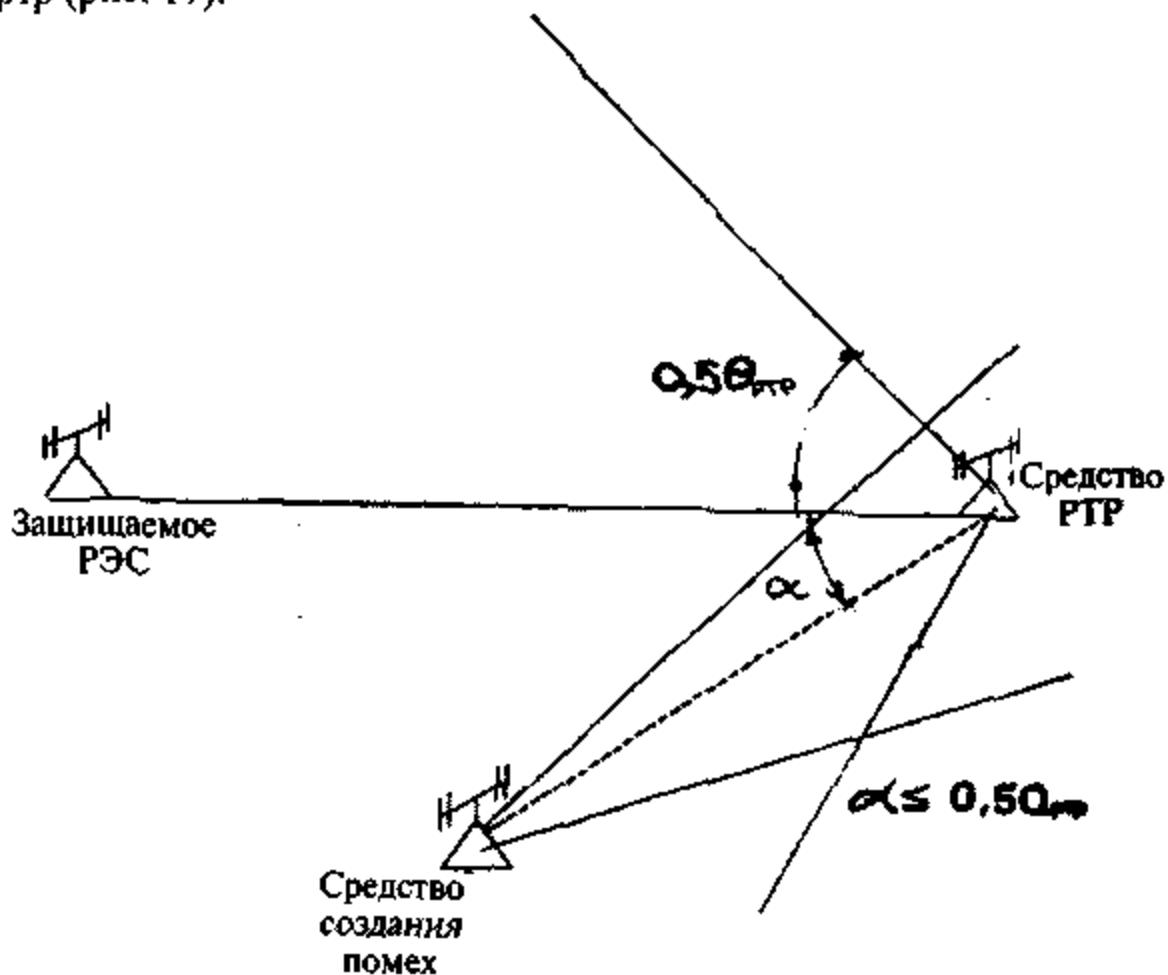


Рис. 17. Взаимное расположение защищаемого РЭС, средства РТР и средства создания помех при подавлении разведаппаратуры по главному лепестку диаграммы направленности антенны

Минимальная ширина ДНА помехового средства выбирается из условия обеспечения требуемых размеров сектора подавления. В качестве сектора подавления принимается:

- сектор запрета, при возможности ведения разведки как по главному, так и по боковым лепесткам ДНА защищаемого РЭС;
- область пересечения сектора запрета с сектором сканирования (нахождения) главного лепестка ДНА защищаемого РЭС (рабочим сектором), при возможности ведения разведки только по главному лепестку ДНА.

При определении необходимого количества помеховых средств и их расположения необходимо исходить из следующего условия: между секторами (зонами) подавления, создаваемыми отдельными помеховыми средствами не должно быть разрывов, особенно в направлениях возможного нахождения средств РТР.

Для защиты смысловой информации, передаваемой по каналам радиосвязи, радиотелеметрии, командным линиям управления используются передатчики речеподобных и сигналоподобных помех. Эти помехи представляют либо заранее записанные сигналы, либо неоднократно задержанные и суммированные защищаемые сигналы.

Для защиты секретной смысловой информации широко применяются средства засекречивания (ЗАС). Аппаратура ЗАС подразделяется на аппаратуру предварительного и линейного шифрования.

Предварительное шифрование это закрытие знакового сообщения (текста) до его преобразования в электрические сигналы путем трансформации алфавита сообщения. В результате этого получается криптограмма, которая передается по каналу связи известными способами, операции шифрования и дешифрования в этом случае производятся либо на специальных аппаратах, либо вручную с помощью ключа (специальных таблиц или алгоритмов).

Линейное шифрование заключается в засекречивании передаваемого сообщения непосредственно в процессе формирования радиосигнала. Аппаратура линейного шифрования содержит шифратор на передающей стороне и дешифратор на приемной. Шифратор формирует последовательность символов (гамму), которую суммируют с символами передаваемой информации. На приемной стороне с помощью ключа формируется аналогичная гамма и осуществляется ее вычитание из принятого сообщения.

Основной характеристикой аппаратуры ЗАС является криптостойкость, т. е. способность противостоять раскрытию ключа. Степень криптостойкости аппаратуры ЗАС зависит от назначения линии передачи информации. Так, линии оперативной (быстроизменяющейся) информации имеют меньшую криптостойкость, чем линии передачи особо

важной информации длительного пользования. Линии передачи особо важной информации имеют криптостойкость, которая выражается ничтожно малой вероятностью вскрытия ключа (сотые доли единицы) за несколько месяцев или лет даже с применением новейшей вычислительной техники.

15.3. Типовые ситуации защиты РЭС

К числу типовых ситуаций, возникающих при защите РЭС от РР и РТР, можно отнести:

- проведение работ с РЭС в закрытых помещениях (цехах, лабораториях, укрытиях, ангарах и т.д.);
- проведение подготовительных работ с РЭС на открытых площадках (антенные полигоны, испытательные площадки и т.д.);
- проведение натурных испытаний РЭС;
- отработка РЭС в составе объекта (носителя).

В случае проведения работ с РЭС и их узлами в закрытых помещениях защита от РР и РТР обеспечивается скрытием излучений РЭС путем их ослабления конструкциями зданий (стенами, полом и потолком), применения поглощающих средств (эквиваленты антенн, поглощающие насадки, чехлы, накидки), работы по закрытым ВЧ трактам, частичного экранирования помещений, проведения работ в экранированных помещениях и создания помех разведывательной аппаратуре.

Помещение, где предполагается работа с РЭС, необходимо выбирать таким образом, чтобы его элементы (пол, потолок, стены) обеспечивали максимальный экранирующий эффект. В этом случае предпочтение следует отдавать подземным, полуподвальным и подвальным помещениям, что обеспечивает дополнительное ослабление излучения грунтом, примыкающим к стенам здания.

В тех случаях, когда выбранное помещение не обеспечивает достаточное ослабление излучений РЭС необходимо проводить его частичное экранирование. В первую очередь должна проводиться экранировка наиболее радиопрозрачных элементов: окон, дверей, вентиляционных каналов и других технологических отверстий в стенах, полу и потолке.

При недостаточной эффективности частичного экранирования необходимо проводить работы с защищаемыми РЭС и их элементами в специально экранированных помещениях.

Если с помощью пассивных средств защиты не удается скрыть излучения РЭС, необходимо использовать активные средства создания помех разведывательной аппаратуре. Передатчики шумовых помех целесообразно применять для защиты характеристик сигналов РЭС в тех случаях, когда шумовые помехи не затрудняют процесса работы с защищаемыми РЭС

(например, при защите характеристик излучений в направлениях боковых и задних лепестков ДНА РЭС).

Проведение подготовительных работ с РЭС на открытых площадках сопровождается, как правило, излучением в свободное пространство сигналов РЭС. В этих условиях защита от РТР может обеспечиваться:

- выделением для защищаемых РЭС частот, ходов и режимов мирного времени;
- скрытием излучением РЭС;
- технической дезинфекцией путем создания ложной РЭ обстановки.

Скрытие излучений РЭС достигается применением режимов пониженной мощности, экранирующих поглощающих средств, установлением территориальных, временных и пространственных ограничений, использованием ослабляющих свойств рельефа местности и местных предметов, созданием помех разведывательной аппаратуре.

Ложная РЭ обстановка достигается излучением одновременно с защищаемыми ложными сигналами, которые создают неопределенность относительно истинных характеристик сигналов РЭС. Обязательным условием для создания неопределенности является соблюдение соответствующего подобия энергетических, временных и спектральных характеристик защищаемых и ложных сигналов.

При натурных испытаниях РЭС защите от РР и РТР подлежат характеристики излучений РЭС, а также информация (сообщения), передаваемые по каналам радиотелеметрии, радиосвязи и передачи данных. При натурных испытаниях РЭС применение пассивных средств защиты практически исключено, а применение различного рода ограничений не всегда приемлемо. В этих условиях основные мероприятия по защите направлены главным образом на дезинформацию разведки противника, а также скрытие отдельных характеристик излучения, раскрывающих наиболее важные сведения о РЭС, путем создания помех.

Кроме того, при проведении натурных испытаний рекомендуется сокращать объем испытательных работ и более широко использовать методы моделирования.

Для защиты важной информации, передаваемой по каналам радиосвязи и телеметрии, целесообразно применять средства криптографической защиты.

Техническая дезинформация РР и РТР может достигаться проведением демонстративных действий аналогов испытываемых РЭС, созданием ложной РЭ обстановки имитаций работы РЭС, передачей ложной информации по каналам радиосвязи, телеметрии и командных линий управления.

Демонстративные действия аналогов защищаемых РЭС целесообразно проводить до начала испытаний и после них с целью введения противника в заблуждение относительно места, времени и сроков проведения испытаний. В качестве аналогов могут использоваться ранее испытанные, устаревшие или известные противнику РЭС.

Создание ложной РЭ обстановки целесообразно осуществить для исключения или существенного затруднения возможности использования противником данных о характеристиках сигналов скрываемых РЭС, затруднения их привязки к конкретным типам, а также для организации ложного радиообмена и передачи ложных сообщений.

Имитацию работы РЭС следует осуществлять в целях как создания ложной РЭ обстановки, так и навязывания противнику ложного представления о составе радиоэлектронного оборудования, его ТТХ. Имитация работы РЭС может быть обеспечена использованием передатчиков защищаемых РЭС, работающих в таких режимах и с такими параметрами сигналов, которые не позволяют противнику получить информацию о защищаемых характеристиках или вводят в заблуждение относительно их действительных значений, а так же применением специально создаваемых имитаторов.

Передача ложной информации по каналам радиотелеметрии, радиосвязи и передачи данных, а также ложных сигналов и команд по линии управления осуществляется с целью повышения достоверности мероприятий по введению противника в заблуждение о сроках, этапах и ходе испытаний, характеристиках и испытываемых РЭС. Для передачи ложных сообщений должны использоваться те же средства радиотелеметрии, радиосвязи и радиоуправления, которые применяются при испытаниях.

Скрытие характеристик излучений РЭС в процессе натурных испытаний может обеспечиваться путем создания помех аппаратуре РР и РТР. В качестве помеховых средств могут использоваться штатные РЭС, работающие на совпадающих частотах; ранее испытанные РЭС, устаревшие или известные противнику РЭС; средства РЭП, характеристики которых не скрываются от РР и РТР. Выбор вида и количества помеховых средств, их размещение в пространстве необходимо осуществлять, исходя из характеристик защищаемых РЭС, высоты подъема их антенн, дислокации мест испытаний относительно возможных мест нахождения средств разведки, протяженности испытательных трасс.

В процессе проведения натурных испытаний работа РЭС на излучение в открытое пространство осуществляется, как правило, при максимальных уровнях выходного излучения. Поэтому возможности применения активных средств маскировки ограничены. Наилучшие

результаты достигаются при создании локальных зон подавления аппаратуры РТР. Чаще всего такие зоны создаются на отдельных участках воздушных трасс, автомобильных, водных и железных дорог, в открытых морских портах и на аэродромах, а также местах временного пребывания иностранных представителей (на выставках, местах загородного отдыха и т.д.)

Необходимая в этих случаях для подавления разведывательного приемника мощность передатчика определяется по формуле:

$$P_{\text{пз}} > K_m P_{\text{с}} 10^{\frac{N_1 - N_2 + \mathcal{E}}{10}},$$

где: \mathcal{E} - ослабление радиоволны естественными и искусственными препятствиями, дБ;

N_1 и N_2 - величины затухания радиоволны при распространении между РЭС и разведывательным приемником соответственно, дБ;
 РСЭ - эквивалентная мощность сигнала;
 Км - коэффициент маскировки.

Средство помех, обладающее эквивалентной мощностью Рпз, при всенаправленной антенне или при сопровождении движущегося носителя разведывательной аппаратуры создает зону подавления радиусом

$$R_{\text{зп}} = \frac{\gamma}{1 - \gamma} D_{\text{сп}},$$

где: $D_{\text{сп}}$ - расстояние между защищаемым РЭС и средством помехи;
 γ - параметр, рассчитываемый по формуле:

$$\gamma = 0.2 \frac{P_{\text{пз}}}{P_{\text{с}}} 10^{0.1 \mathcal{E}}$$

В целях уменьшения затрат на проведение маскировки следует располагать средства помех в непосредственной близости от мест возможного нахождения аппаратуры РТР, а при создании зоны подавления на отдельных участках дорог и воздушных трасс применять направленные антенны, ориентируя их вдоль направления движения носителей разведывательной аппаратуры.

При отработке РЭС в составе объекта (носителя) РТМ имеет свои специфические особенности, которые обусловлены необходимостью скрытия характеристик объекта; жесткой привязкой РЭС к месту проведения испытаний объекта (техническая или стартовая площадка, определенный участок траектории, маршрут полета самолета и т.д.); зависимостью работы

РЭС от программы подготовки (испытаний) объекта в целом; наличием других РЭС, работа которых связана с отрабатываемым РЭС или с обслуживанием объекта в целом; свойствами объекта, которые ограничивают или исключают возможность использования тех или средств и способов РТМ.

Разработку и реализацию мероприятий по защите РЭС в составе объекта целесообразно осуществлять применительно к двум этапам: подготовительному и основному.

На подготовительном этапе производится отработка РЭС при их установке на объект, а также подготовки всех РЭС, входящих в состав объекта, к проведению испытаний.

В большинстве случаев отработка РЭС на подготовительном этапе производится без излучения в открытое пространство. Поэтому в этом случае в основном используются средства пассивной радио- и радиотехнической маскировки.

На основном этапе производится отработка объекта и входящих в его состав РЭС в реальных условиях, когда все отрабатываемые РЭС работают с излучением в открытое пространство. Поэтому на данном этапе должны применяться методы и средства, аналогичные этапу натурных испытаний РЭС.

Отработка РЭС на основном этапе связана с привлечением сил и средств обеспечения, в составе которых могут быть и другие РЭС. По параметрам сигналов этих РЭС, порядку использования сил и средств обеспечения РТР способна вскрыть как технические, так и тактические характеристики не только отрабатываемых РЭС, но и самих объектов.

Например, излучения контрольно-измерительной аппаратуры могут содержать характеристики РЭС, скрываемые на этапе отработки. Знание дальности и высоты полета самолета, обеспечивающего облет РЭС наземных или корабельных комплексов, позволяет определить максимальную дальность обнаружения и рабочий сектор РЭС по углу места. Поэтому если излучения РЭС обслуживания раскрывают охраняемые характеристики отрабатываемых РЭС и объекта, то они подлежат РТМ. Для принятия конкретных решений по маскировке необходимо выявить возможные связи излучений отрабатываемых РЭС с излучениями РЭС обеспечения, а также с функционированием самого объекта.

Привлечение в подобных случаях большого количества вспомогательных сил и средств (в том числе РЭС), как правило, вызывает повышенный интерес к проводимым испытаниям со стороны разведки противника и приводит к привлечению дополнительных средств разведки. Поэтому при организации РТМ целесообразно применять следующие меры:

- сокращать количество испытательных полетов объекта;
- проводить испытания с привлечением минимального привлечения РЭС обеспечения;
- использовать минимальное количество новых образцов РЭС;
- запрещать включение всех типов бортовых РЭС при взлетах и заходах на посадку самолетов, кроме средств, связанных с обеспечением безопасности полетов;
- обеспечить, по возможности, в районе проведения испытания постоянное количество используемых РЭС с равномерностью их работы в различных условиях.

Одним из путей повышения эффективности РМ и РТМ при проведении отработки РЭС в составе объекта на полигонах и заводских площадках является сокращение времени их работы с излучением в открытое пространство, а также создание испытательных комплексов, позволяющих имитировать реальные условия. Такой подход предполагает широкое использование средств автоматизации испытаний и увеличение объема полунатурного моделирования в наземных условиях.

Глава 16

Задача 16.1 Защита объектов от радиолокационных средств разведки

Возможности обнаружения наземных объектов зависят от радиолокационного контраста объекта с фонами, разрешающей способности применяемых противником средств разведки, наличия помех на пути распространения радиоволн.

При проведении маскировочных мероприятий с целью затруднения обнаружения объектов разведки противником необходимо:

- снижать радиолокационный контраст объектов с фоном путем уменьшения различий между ними по отражающей способности;
- использовать маскирующие свойства местности и гидрометеоров;
- применять конструктивные решения, исключающие появление радиолокационных демаскирующих признаков;
- применять технические средства для скрытия действительных и устройства ложных объектов;
- использовать активные средства маскировки.

Сравнительно низкая разрешающая способность радиолокационных станций позволяет скрывать малоразмерные объекты, используя прием, который невозможно применить в оптической маскировке, а именно,

располагая маскируемые объекты поблизости от местных предметов или радиолокационных отражателей на расстояниях, не превышающих разрешающей способности радиолокационных средств. В этом случае отметки от маскируемых объектов сливаются на радиолокационном изображении с отметками от местных предметов или от отражателей.

Перечисленные способы защиты от радиолокационных средств разведки рассмотрены ниже. [3, 5, 16, 23]

16.1. Снижение радиолокационного контраста объектов

Снижение радиолокационного контраста объектов может быть достигнуто:

- приятием поверхностям объекта малоотражающих форм;
- применением радиолокационных масок и экранов;
- применением специальных противорадиолокационных покрытий.

Приятие объектам малоотражающих форм

Малоотражающими формами являются такие формы поверхностей, под влиянием которых максимум отраженной электромагнитной энергии отклоняется от направления на приемную антенну радиолокатора или под влиянием которых происходит равномерное или беспорядочное рассеяние зондирующего излучения в различные стороны, в результате чего в сторону приемной антенны радиолокатора отражается небольшая часть падающего излучения.

Наиболее характерной малоотражающей формой, отклоняющей максимум отраженной энергии в сторону от приемника, является наклонная плоскость или пирамида. Для конуса характерно отклонение максимума диаграммы вторичного излучения от направления на радиолокатор и рассеивание отраженной энергии в разные стороны.

На рис. 18 приведены сравнительные величины ЭПР простых отражателей, у которых геометрические площади S облучаемых поверхностей равны (1 м^2). Наибольшую величину σ_u при равновеликих геометрических размерах имеют объекты, в конструкции которых преобладают плоскостные или цилиндрические поверхности, нормальные к направлению облучения, а также уголковые отражатели. Эти объекты будут

хорошо наблюдаться радиолокационными станциями на больших дистанциях. Следовательно, основным условием применения малоотражающих форм является первоочередная замена конструкций, имеющих такие поверхности, коническими, пирамидалыми или плоскими с определенным углом наклона к горизонту.

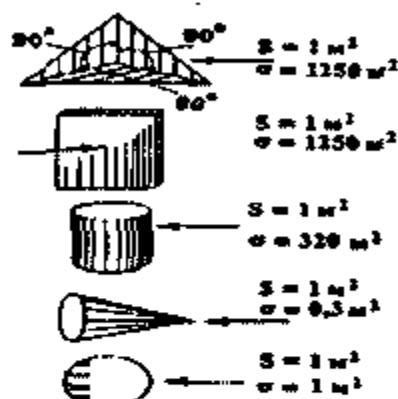


Рис.18. Сравнительные величины ЭПР отражателей различной геометрической формы

Прежде всего необходимо устраниć из конструкции защищаемого объекта уголковые отражатели, которые имеют большие значения $\sigma_{\text{ц}}$ при малых размерах граней, причем сигналы от таких отражателей на экране индикатора радиолокационной станции получаются устойчивыми. Двугранные и трехгранные уголковые отражатели могут образовываться в сочетании борта корабля и гладкой морской поверхности, а также в сочетании поверхности надстроек и палубы. Поверхности зданий в сочетании с гладкими тротуарами и мостовыми образуют мощные уголковые отражатели с большими размерами граней.

Снижение ЭПР боевых головок баллистических ракет достигается путем придания им малоотражающей геометрической формы. Как известно, теоретически идеальной малоотражающей формой является бесконечный конус, рассматриваемый с вершины. Головные части ракет, разрабатываемых в США в настоящее время, имеют минимальную ЭПР благодаря воспроизведению в них с возможно большей точностью электрических характеристик бесконечного конуса. Это делается путем придания конусообразной формы головной части ракеты с аблационной оболочкой, чтобы снизить до минимума обратное рассеяние и путем соответствующего изменения очертаний основания головной части ослабить дифракцию. Заострение носового конуса головной части не только уменьшает ее ЭПР, но

также приводит к ослаблению ударной волны и меньшему нагреву поверхности, что значительно снижает ионизацию. Несмотря на то, что заостренная форма головных частей ракет является теоретически наиболее выгодной, на практике оказывается необходимым некоторое закругление острия конуса в целях ослабления его выгорания.

Для основания конической поверхности головной части ракеты оптимальной может быть форма, близкая к полусфере, но имеющая специально рассчитанную двойкую кривизну для уменьшения потока энергии, отражаемой в направлении облучения. Для уменьшения дифракции и обратного рассеяния предлагается использовать на тыльной стороне боевой головки ракеты, в областях, имеющих острые края и выступы, радиопоглощающие покрытия.

Обратное рассеяние от головной части ракеты имеет частотную зависимость. Энергия, излучаемая обратно в направлении источника облучения вследствие дифракции, достигает максимума, когда длина приближается к размерам головной части. Энергия радиоволн, рассеиваемых от острия конуса и от острых кромок головной части ракеты, возрастает прямо пропорционально длине волны: чем длиннее волна, тем больше энергии рассеивается в обратном направлении, и чем меньше угол раствора конуса, тем обратное рассеивание меньше. Головные части ракет, имеющихся на вооружении США, показаны на рисунке 19.

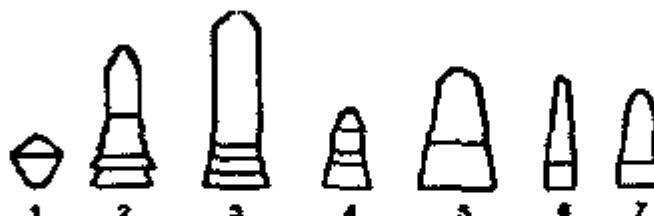


Рис. 19 Головные части баллистических ракет США:

- 1 - Марк-2 (ракета Атлас, Тор); 2 - Марк-3 (ракета Атлас);
- 3 - Марк-5 (ракета Титан-1); 4 - Марк-6 (ракета Минитмен);
- 5 - Марк-6 (ракета Титан-2); 6 - Марк-7 (ракета Скайлб);
- 7 - Марк-11, 11А (ракета Минитмен).

Снижение радиолокационного контраста может быть достигнуто, если вертикальные поверхности защищаемого объекта делать не гладкими, а рельефными (гофрированными). На рис. 20 показана такая керамическая пластина, которую предлагается использовать для маскировки жилых зданий

и промышленных предприятий. В нижнюю часть пластины можно вводить компоненты, поглощающие радиоволны.



Рис. 20. Керамическая пластина, рассеивающая падающую на нее энергию радиоволн

Кроме того, для снижения мощности отраженного радиолокационного сигнала в целях маскировки промышленных и жилых зданий специалистами предложено на внешних поверхностях зданий делать канавки, желобки и чашеобразные выступы или углубления. Для маскировки вертикальных плоскостей и прямых линий, образующих контур здания, плоские поверхности рекомендуется расчленять желобками, идущими в произвольных направлениях; прямоугольные очертания фундаментов, дверей, окон, подъездов снабжать выступами и чашеобразными наростами, искажающими форму этих объектов. Над окнами и дверьми устанавливать щиты под углом 45° к стенке здания.

Применение радиолокационных масок-экранов. Если по конструктивным требованиям невозможно применить на объекте малоотражающие формы, используются радиолокационные маски-экраны, уменьшающие отражательную способность объектов. Кроме того, могут использоваться маски из отражателей радиоволн, создающих помехи радиолокационным средствам разведки.

Радиолокационные маски-экраны представляют собой непрозрачные для радиоволны преграды, которые устанавливаются перед маскируемыми объектами. Скрываемый объект располагается за маской-экраном в области радиолокационной тени и поэтому не обнаруживается.

Простейшим экраном является токопроводящий лист, который устанавливается наклонно к вертикальной стенке маскируемого объекта (здания, дома, стекле причала и т.д.). На рис. 21 изображена схема защиты противолокационным экраном подводной лодки, стоящей в базе.

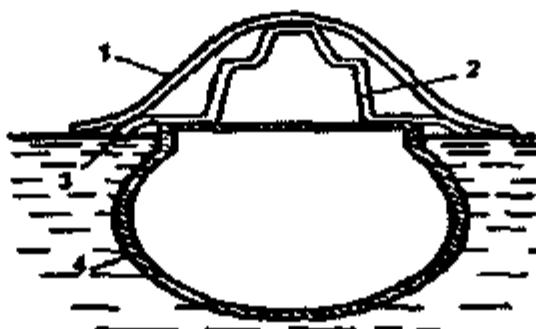


Рис. 21. Противорадиолокационный экран на подводной лодке:
1, 3 - экран; 2 - рубка; 4 - корпус лодки

Непрозрачными для сантиметровых волн материалами, которые можно использовать для масок-экранов, являются: металлическая сетка с ячейкой не более $1/6 \lambda$, радиотехнические ткани, срезанная растительность, маты из хвороста или камыша.

Маски из металлической сетки или радиотехнической ткани устанавливаются относительно поверхности земли или относительно направления на РЛС разведки под углом 50-60°. Такие маски отражают радиоволны в сторону подобно зеркалу и не обнаруживаются локатором, если провисание полотна не превышает 2% от величины пролета.

Вертикальные и наклонные маски из хворостяных или камышовых матов изготавливаются на каркасе из жердевых стоек или козел с пажилинами. Толщина матов из подручных материалов зависит от длины волны радиолокационной станции. С увеличением длины волны возрастает и толщина подручных материалов, при которой обеспечивается скрытие маскируемых объектов. Так для волны 3.2 см толщина матов из хвороста должна быть не менее 6 см, а из камыша — 12 см; при укорочении длины волны в 4 раза необходимая толщина материалов уменьшается вдвое.

Маски-экраны могут устраиваться также из срезанных деревьев высотой 4 - 5 м, которые устанавливаются в снег или в грунт в три ряда на расстоянии до 2 м друг от друга.

Устройство радиолокационных масок-экранов трудоемко. Поэтому они находят применение при заблаговременном выполнении мероприятий по маскировке, проводимых, в частности, в мирное время в приграничной полосе.

Маски-помехи создаются из радиолокационных, преимущественно уголковых, отражателей, которые устанавливаются на местности в определенном порядке. Такие маски могут применяться для скрытия передвижения войск от наземной и воздушной радиолокационной разведки противника, для скрытия мостов и переправ или для изменения очертаний характерных водных радиолокационных ориентиров (рек, озер, морского побережья).

Маска-помеха на индикаторе радиолокационной станции противника может иметь различный вид в зависимости от плотности установки отражателей на местности и разрешающей способности радиолокатора. Если расстояние между отражателями больше разрешающей способности станции, то маска изображается в виде группы световых отметок, в противном случае маска-помеха на индикаторе РЛС имеет вид световой линии или пятна.

Чтобы исключить экранирование отражателей травой, кустарником или местными предметами, их устанавливают над землей, подвешивая на стойках или на специальных опорах. Высота подвеса должна быть не менее 60λ . (где λ - длина волны в радиолокационной станции противника); то есть при длине волны 3,2 см высота подвеса отражатели составляет не менее 2 м. При меньшей высоте диаграмма направленности отражателя в вертикальной плоскости становится сильно изрезанной. Это объясняется тем, что при расположении отражателя над землей радиоволны падают на него с двух направлений: непосредственно от радиолокационной станции и после зеркального отражения от поверхности земли (рис. 22).

Возвращение отраженных радиоволн идет по тем же направлениям. У антенны радиолокатора происходит сложение колебаний. Если разность путей, проходимых радиоволнами от отражателя и обратно, будет равна нечетному числу полуволн, то колебания гасятся и отражение от уголка не воспринимается, то есть уголковый отражатель не работает. Наоборот, при четном числе полуволн отражение усиливается. В результате, диаграмма направленности отражателя принимает вид, показанный на рис. 22б. Предугадать заранее взаимное превышение отражателей маски и радиолокатора противника очень трудно. Поэтому вполне возможно, что диаграмма направленности своим провалом может быть направлена как раз на радиолокатор противника и маска не будет создавать ему никаких помех.

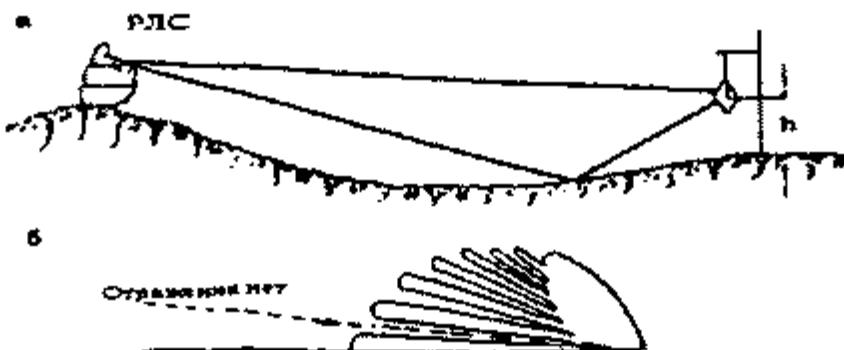


Рис. 22. Работа уголкового отражателя, расположенного над землей:
а - прохождение лучей; б - диаграмма направленности отражателя
при установке на малой высоте

С увеличением высоты подъема отражателя над землей зеркальное отражение от нее становится меньше, изрезанность диаграмм уменьшается и при высоте около 60λ , она принимает нормальную форму. Увеличение высоты установки отражателей сверх указанной величины на эффективность работы маски не влияет. Поэтому, например, если вдоль дороги проходит постоянная линия связи, то отражатели можно крепить к проводам.

Отражатели маски создают эффективную помеху, когда каждый из них обращен своим раскрытием в сторону радиолокационной станции противника.

Противорадиолокационные покрытия предназначены для уменьшения интенсивности отражения радиоволн от маскируемых объектов. По принципу действия такие материалы делятся на две группы: поглощающие и интерференционные. Принцип действия поглощающих покрытий заключается в том, что поглощенная энергия радиолокатора преобразуется в другие виды энергии в самом материале, главным образом, в тепловую. Такой процесс объясняется прежде всего наличием у поглощающего материала диэлектрических и магнитных потерь.

Поглощающий материал будет соответствовать своему значению в том случае, если в нем отсутствует отражение электромагнитной волны от внешней поверхности, а энергия, проникающая внутрь такого материала, полностью в нем поглотится. Выполнение этих условий достигается соответствующим подбором диэлектрических свойств материала, в первую очередь комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной магнитной проницаемости:

$$\begin{aligned}\epsilon &= \epsilon_r + j \epsilon_k, \\ \mu &= \mu_r + j \mu_k.\end{aligned}\quad (1)$$

Можно записать также:

$$\begin{aligned}\epsilon &= \epsilon_0 + \epsilon_r, \\ \mu &= \mu_0 + \mu_r,\end{aligned}\quad (2)$$

где: ϵ и μ — относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости; ϵ_0 и μ_0 — диэлектрическая и магнитная проницаемости свободного пространства.

Комплексный коэффициент отражения плоской волны от границы раздела внешняя среда - поглощающее покрытие записывается в виде:

$$R = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}, \quad (3)$$

где: $Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi$ - волновое сопротивление свободного пространства, $Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$ - волновое сопротивление поглощающего покрытия.

Подставляя значения Z_0 и Z в (3) и учитывая (2), имеем:

$$R = \frac{1 - \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}}{1 + \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}} \quad (4)$$

Условием полного поглощения падающей радиоволны покрытием является: $R=0$ (5)

Очевидно, что $R=0$ при равенстве диэлектрической и магнитной проницаемости материала покрытия, т. е. $\epsilon = \mu$.

По конструктивному выполнению поглощающие материалы можно разделить на два основных типа:

1. Радиопоглощающие покрытия - материалы, которые наносятся на поверхность (как правило, металлическую) защищаемого объекта.

2. Радиопоглощающие конструкционные материалы. Такие материалы используемые для сооружения военных или промышленных объектов, сочетают в себе наряду с высокими прочностными характеристиками свойство поглощать радиоволны, излучаемые радиолокационными станциями обнаружения противника.

И к тем и к другим материалам предъявляются следующие требования:

- минимальное отражение радиоволн от защищаемой поверхности;
- максимальное поглощение электромагнитных волн;
- широкий диапазон поглощаемой энергией по частоте;
- высокие прочностные характеристики;
- минимальные габариты и вес;
- способность работать в широком интервале положительных и отрицательных температур.

Поглощающие покрытия (рис. 23) обеспечивают уменьшение отражения в некотором диапазоне радиоволн. Они могут быть однослойными и многослойными. Многослойное покрытие обычно состоит из нескольких слоев материала с малой диэлектрической проницаемостью и поглощающих пленок, расположенных между слоями; увеличение числа слоев, и, следовательно, толщины покрытия приводит к уменьшению энергии отраженных радиоволн и расширению диапазонности его действия.

С целью увеличения площади "соприкосновения" поглощающего покрытия с электромагнитной радиоволной на практике широко применяются покрытия с так называемыми "геометрическими неоднородностями", в виде периодически повторяющихся пирамид и конусов. Наличие неровностей на поверхности покрытия приводит к тому, что электромагнитная энергия радиоволны, которая не преобразовывалась в тепловую в материале покрытия, диффузно рассеивается неровностями, а

следовательно, и интенсивность остаточного излучения, распространяющегося в направлении на радиолокационную станцию разведки, снижается.



Рис. 23. Радиопоглощающий материал — один из видов многослойного поглощающего материала (разрез)

Размеры пирамид или гофр определяют диапазонные свойства поглощающих покрытий. Если их высота больше или соизмерима с длиной волны падающей радиоволны, то ее отражение от поверхности покрытия будет носить диффузионный характер. Если длина волны падающего сигнала много больше высоты неровностей, то отражение будет происходить по зеркальному закону.

В интерференционных покрытиях эффект снижения ЭПР защищаемого объекта достигается за счет взаимного ослабления волн, отраженных от поверхности объекта и поверхности покрытия, в результате интерференции (рис.24). Взаимное ослабление двух волн будет происходить, если между ними будет сдвиг по фазе на $\lambda / 2$ (или π). Для этого необходимо выполнить следующее условие:

$$2l\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} = \frac{(2i+1)\lambda}{2} \quad (6)$$

или

$$l = \frac{(2i+1)}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \cdot \frac{\lambda}{4} \quad (7)$$

где l – толщина покрытия,
 n - коэффициент преломления покрытия,
 θ - угол падения волны,
 $i=1, 2, 3, \dots$ - целое число.

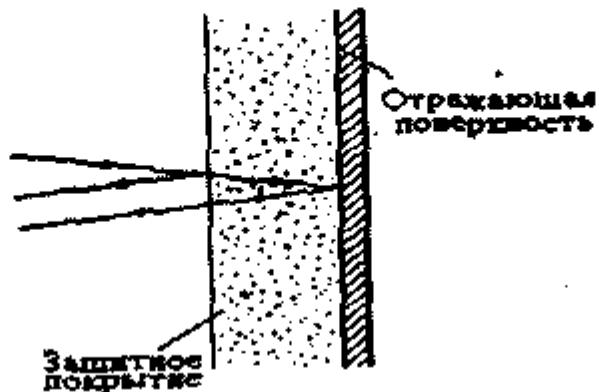


Рис. 24. Принцип действия покрытия интерференционного типа

Кроме того, необходимо выполнить такое условие:

$$\beta = \ln \frac{1}{|R|}, \quad (8)$$

где β - коэффициент поглощения радиоволны за одно прохождение покрытия в прямом и обратном направлении; $|R|$ - модуль коэффициента отражения покрытия.

Условия (7) и (8) определяют параметры интерференционного покрытия. Условие (8), определяет тот факт, что интерференционное покрытие должно также обладать и поглощающими свойствами.

Интерференционные покрытия могут ослаблять отражение радиоволн от объекта в 1000 раз. Однако они дают хорошие результаты только в узком диапазоне частот, что ограничивает их применение. Более перспективными являются многослойные интерференционные покрытия, которые позволяют расширить диапазон рабочих длин волн.

16.2. Использование маскирующих свойств местности и гидрометеоров

Маскирующее действие окружающих местных предметов заключается в образовании помех в результате отражений электромагнитных волн от поверхности земли и моря, а также от неоднородностей в атмосфере. Интенсивность этих сигналов зависит от состояния атмосферы, характера местности вокруг радиолокационной станции, от длины волны и разрешающей способности радиолокатора. При достаточно большой

интенсивности такие помехи могут значительно снизить эффективность работы радиолокационной станции или даже полностью исключить возможность работы станции.

Для характеристики маскирующих отражений от распределенных объектов (травяной покров, пашня, лес, кустарник, поверхность моря и т. д.) в качестве меры интенсивности отраженных сигналов берется удельная эффективная поверхность рассеяния. Ее величина обычно выбирается равной ЭПР одного квадратного метра поверхности распределенной цели и обозначается σ_ϕ .

Сигнал от поверхостной цели создает на экране радиолокатора довольно интенсивную светящуюся отметку, "фон", который мешает наблюдать в пределах этой поверхности точечные цели: корабли, танки, промышленные объекты и т. д. Надводная или наземная цель может быть обнаружена оператором только в том случае, если ее сигнал выделен из отметок, созданных маскирующими отражениями от окружающего цель фона. Опытные данные показывают, что на индикаторе кругового обзора можно выделить отметку от отражающей площадки, на которой размещена точечная цель, из соседней с ней отражающих площадок, не имеющих точечных целей, только тогда, когда коэффициент контрастности будет равен

$$K = \frac{\sigma_{пц} + \sigma_u}{\sigma_{пц}} \leq 1,3 \div 1,4 , \quad (9)$$

где σ_u - ЭПР точечной цели;

$\sigma_{пц}$ - ЭПР поверхостной цели.

Как известно, в радиолокации разделяют облучаемые поверхности на гладкие и шероховатые. Гладкая поверхность изображается на экране индикатора в виде темного пятна, так как в этом случае падающий луч отражается от нее по законам геометрической оптики в сторону и к приемнику не возвращается. В случае шероховатой поверхности часть рассеянной энергии возвращается обратно к антенне и дает на экране светящуюся область. Переход от зеркального к диффузионному отражению связан с неровностями облучаемой поверхности.

Поверхность можно считать гладкой, если высота неровностей на ней h при угле наклона луча антенны к горизонту ε и длине волны λ - удовлетворяет соотношению

$$h \leq \frac{\lambda}{16 \sin \varepsilon} \quad (10)$$

Большинство поверхностных целей имеют величину неровностей, не удовлетворяющих соотношению (10)-. Для таких шероховатых поверхностей, имеющих диффузное отражение, справедлива синусоидальная зависимость удельной ЭПР от угла ε .

В противорадиолокационной маскировке характер фона, на котором находится тот или иной маскируемый объект, имеет очень большое значение, так как фон часто дает более сильное отражение радиоволн, чем разведываемый объект, который в этом случае не будет обнаружен.

При осуществлении мероприятий, направленных на снижение ЭПР какого-либо наземного объекта, нужно учитывать его размеры, форму, материал, из которого он изготовлен, а также отражающую способность отдельных участков фона, окружающего маскируемый объект.

Первоочередной задачей маскировки обширных по площади наземных объектов должно быть уравнивание коэффициентов радиолокационного отражения защищаемого объекта и окружающего фона. Снижением ЭПР защищаемого объекта и некоторым усилением отражения от отдельных, близких к объекту, участков фона добиваются стирания контрастных границ между маскируемой целью и фоном.

Так маскируются отдельные сооружения (мосты, дороги, плотины и т. д.) или групповые объекты (сосредоточение войск или техники, заводы, склады, электростанции, аэродромы). Вот, например, как рекомендуется маскировать с учетом окружающего фона бетонированные асфальтовые шоссейные дороги и взлетно-посадочные полосы на аэродромах. При вертикальном облучении бетонной полосы до 60% падающей энергии отражается в направлении падения. При облучении под углом 45° количество энергии, отражающейся в направлении прихода, равно нулю. В промежуточных случаях коэффициент отражения лежит в пределах между нулем и 60%.

Для защиты от радиолокационного обнаружения коэффициент отражения нужно выбирать применительно к окружающей местности.

Если дорога (аэродромная полоса) проходит через ельник, то этот коэффициент надо снизить с 60% до 29%, в полях - до 10%, среди скал - до 49% и т. д. С этой целью можно придать бетонной поверхности дороги шероховатость с помощью бороздок, расстояние между которыми зависит от окружающей местности. Бетонная поверхность делится на поля, в которых бороздки располагаются в различных направлениях. Края полосы маскируются кустарником с большим коэффициентом рассеяния, чтобы нарушить симметрию и исказить контуры полосы. Практически прямолинейное распространение ультракоротких волн, применяемых в радиолокации, ограничивает действие наземной станции видимым горизонтом. Иначе говоря, имея разведывательные данные о расположении радиолокационных станций противника на местности, можно подсчитать границы их зоны обнаружения по известной формуле.

$$R = 3,57(\sqrt{h} + \sqrt{H}), \quad (11)$$

где R - дальность прямой видимости, км; h - высота антennы радиолокационной станции, м; H - высота объекта, м.

Расположение разведываемых объектов за пределами этой зоны не может быть обнаружено наземными радиолокационными станциями, какие бы тактико-технические данные они не имели.

Во многих случаях рельеф местности также не позволяет обнаружить цели с помощью наземных радиолокаторов. Объекты, скрытые за естественными масками: холмами, горами, лесом - не обнаруживаются наземными станциями. Это обстоятельство позволяет широко использовать рельеф местности для скрытия группировок войск, боевой техники, отдельных наземных объектов в так называемых полях невидимости радиолокаторов противника. Такие поля можно построить на карте местности следующим образом (рис. 25). От места расположения радиолокаторов противника проводят прямые линии визирования через возможные гребни высот, края местных предметов, естественные маски. Далее по линиям визирования строят профили местности. На профилях места, находящиеся за местными предметами, не будут просматриваться противником, так как за ними образуется область радиотени, обусловленная прямолинейным распространением радиоволн УКВ диапазона.

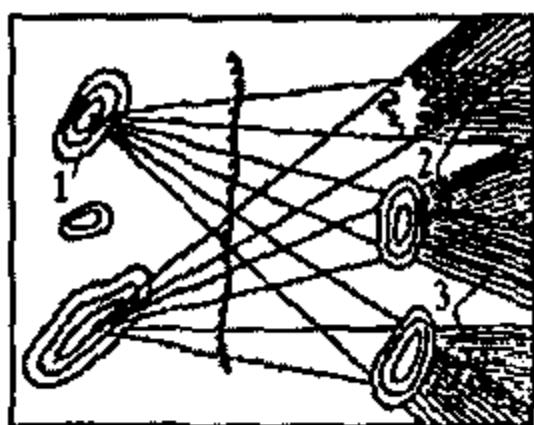


Рис. 25. Построение полей невидимости:

- 1 - позиции РЛС противника;
- 2 - поля невидимости двух РЛС;
- 3 - поля невидимости одной РЛС

Сигналы, отраженные от морской поверхности, могут существенно затруднить обнаружение самолетными, корабельными или береговыми радиолокационными станциями надводных целей и воздушных целей, летящих на малой высоте. Отражения от моря имеют очень сложный характер.

Удельная ЭПР σ_{ϕ} морской поверхности зависит от угла наклона луча антенны, длины волны и поляризации облучения, состояния моря и силы ветра.

Из гидрометеорологических факторов наибольшее маскирующее действие оказывают дождь, снег и град. Дождь и снегопады, особенно умеренные и сильные, затрудняют возможность ведения радиолокационной разведки, дальность обнаружения объектов при этом заметно снижается (рис. 26), при отсутствии дождя наземная радиолокационная станция средней дальности, работающая на волне 3,2 см, может обнаружить танк на расстоянии 10 км. При моросящем дожде танк обнаруживается этой станцией с расстояния 8 км, а при сильном дожде - только с расстояния 1 км. Маскирующее действие осадков усиливается при укорочении длины волны радиолокатора.

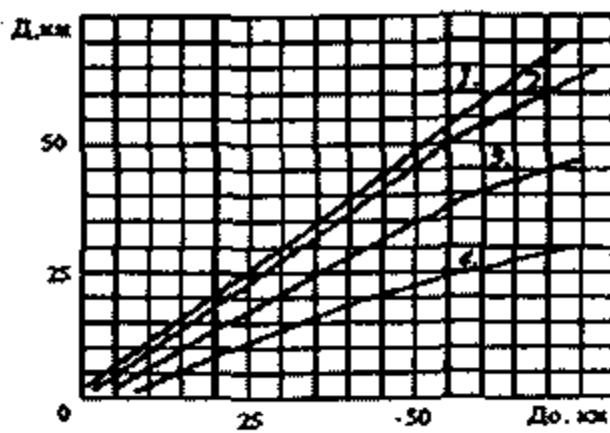


Рис. 26. Влияние дождя на дальность действия радиолокационной станции:

До - дальность действия в хорошую погоду;

Д - дальность действия при дожде:

1 - изморось;

2 - слабый дождь;

3 - умеренный дождь;

4 - сильный дождь

16.3. Технические средства противорадиолокационной маскировки

Технические средства противорадиолокационной маскировки применяются для скрытия и имитации объектов, когда использовать естественные условия маскировки не представляется возможным. Технические средства противорадиолокационной маскировки представляют собой специальные устройства и материалы, которые хорошо отражают радиоволны и тем самым вызывают появление на экранах РЛС импульсов различной интенсивности или поглощают радиоволны и тем самым затрудняют обнаружение объектов средствами радиолокации.

К первому типу средств противорадиолокационной маскировки относятся уголковые, диэлектрические, биконические и дипольные отражатели. Ко второму типу относятся противорадиолокационные покрытия, о которых уже говорилось.

В целях скрытия объектов можно также использовать радиотехнические устройства, размещаемые в районах расположения маскируемых объектов и работающие на частоте радиолокационных средств

противника. Такие станции помех вызывают засветку радиолокационного изображения, что затрудняет выявление объектов.

Условность изображения, присущая всем радиолокационным средствам разведки, облегчает решение задач по имитации радиолокационных демаскирующих признаков. Поэтому при радиолокационной маскировке вовсе не обязательно воспроизводить внешний вид техники и других малоразмерных объектов. Достаточно обеспечить лишь необходимый уровень мощности отраженного сигнала, что может быть практически реализовано путем использования для имитации компактных, радиолокационных уголковых отражателей и радиотехнических устройств (ответчиков), переизлучающих энергию радиоволн обратно, в сторону радиолокационной станции разведки.

Сигналы от уголковых отражателей, применяемых при имитации техники, должны обнаруживаться противником на тех же дальностях, что и сигналы от реальных объектов. Поэтому выбор типа и количества п открыто установленных отражателей для имитации одной единицы техники производят из условия равенства средних эффективных отражающих площадей имитируемого объекта $\bar{\sigma}_{об}$ и применяемых уголковых отражателей $n \cdot \bar{\sigma}_{об} = \bar{\sigma}_{об}$. Откуда число отражателей, которое нужно установить около макета, будет равно

$$n = \frac{\bar{\sigma}_{об}}{\bar{\sigma}}$$

Вследствие поглощения радиоволн оболочкой макета мощность отраженного сигнала, приходящего к радиолокатору, и, следовательно, дальность обнаружения макета становятся меньше. Очевидно, что для получения прежней мощности отражения радиоволны количество отражателей внутри макета потребуется увеличить. Радиоволны проходят сквозь оболочку макета дважды, к отражателю и обратно. Поэтому при радиопрозрачности

оболочки τ_{pl} средняя эффективная отражающая площадь уголкового отражателя снижается до величины $\tau_{pl}^2 \bar{\sigma}$. Следовательно, необходимое для имитации количество $n\tau$ отражателей, определенное из условия $n\tau \cdot \tau_{pl}^2 \cdot \bar{\sigma}^3 = \sigma_{ob}$, составит

$$n_\tau = \frac{\bar{\sigma}_{ob}}{\tau_{pl}^2 \bar{\sigma}} = \frac{n}{\tau^2} \quad (12)$$

Например, внутри макета с прозрачностью оболочки $\tau_{pl}=0,7$ нужно установить в $\frac{n_\tau}{n} = \frac{1}{0,7^2} = 2$ раза больше отражателей, чем снаружи.

Радиопрозрачность некоторых маскировочных материалов, применяемых для изготовления оболочек макетов, приведена ниже:

плащпалаточная ткань - 0,90;
прорезиненная ткань - 0,70;
брзент - 0,85;
фанера трехслойная - 0,55.

Имитация техники на ложных позициях и в ложных районах, функционирующих ночью или в неблагоприятных метеорологических условиях, когда применение противником оптических средств затруднено, может производиться без макетов техники только уголковыми отражателями. Имитация мостов производится с помощью уголковых отражателей, устанавливаемых в линию поперек реки. Расстояние между отражателями в линии ложного моста выбирают из тех соображений, чтобы вся цепочка отражателей изображалась на экране радиолокационной станции противника в виде слитной линии, без разрывов. Это требование выполняется, когда расстояние между отражателями не превышает разрешающих способностей применяемых средств радиолокационной разведки.

Имитация радиолокационных признаков складов, аэродромных сооружений, военно-промышленных объектов и небольших населенных

пунктов осуществляется с помощью отражателей, которые устанавливаются группами по 4-8 штук на площади, равной площади имитируемого объекта и в соответствии с конфигурацией объекта и его радиолокационным изображением, полученным с помощью контрольной самолетной радиолокационной станции.

Если изображение имитируемого объекта состоит из отдельных устойчивых световых отметок, то в соответствии с расположением этих отметок и производится размещение групп отражателей на местности. Если же световые отметки распределены по изображению объекта равномерно, то и расстановка групп отражателей на ложном объекте производится с равномерной плотностью. Группы из четырех-восьми отражателей располагаются на расстояниях 150-250 м одна от другой. В центре группы на удалении 1-2 м друг от друга устанавливаются четыре отражателя, нижние грани которых располагаются горизонтально. На расстояниях до 10 м от центра на взаимно перпендикулярных направлениях устанавливаются еще четыре отражателя с наклоном нижних граней на 20-25° к земле. При такой установке ложный объект устойчиво обнаруживается противником и на больших и на малых дальностях.

Отражение радиоволн от макетов и ложных сооружений воспроизводят в тех случаях, когда имитируемые объекты обнаруживаются радиолокационной разведкой. Такая необходимость возникает при имитации передвижения объектов на открытой местности, при показе техники вне укрытия в ложных районах расположения частей и соединений, при устройстве ложных мостов, ложных позиций ракетных и зенитно-ракетных войск, ложных аэродромов, складов и военно-промышленных объектов.

Придание макетам техники радиоотражающих свойств достигается либо путем создания на поверхности оболочки электропроводящего слоя, либо с помощью углковых отражателей, которые укрепляются внутри радиопрозрачных макетов или располагаются рядом с ними.

Отражающий слой на оболочке макета получают путем окрашивания специальными красками. Улучшение отражающих свойств бескаркасных макетов, выполняемых из жестких оболочек, может производиться путем металлизации поверхностей или склеивания их фольгой с последующей окраской в нужные цвета.

Глава 17

Задача от гидроакустических и акустических средств разведки

17.1. Гидроакустическая маскировка

Мероприятия по защите от гидроакустических средств разведки направлены на введение противника в заблуждение относительно назначения, типа и местоположения надводных кораблей (НК), подводных лодок (ПЛ) и других объектов, находящихся в водной среде или на ее поверхности; спектральных и энергетических характеристик собственных шумов НК и ПЛ, минно-торпедного вооружения; назначения, тактико-технических характеристик активных гидроакустических средств (ГАС) обнаружения, связи, помех и навигационного гидроакустического оборудования морских полигонов. [6, 8-10, 20-22]

17.1.1. Гидроакустическая маскировка НК и ПЛ

При защите от гидроакустической разведки осуществляется целый ряд специфических мероприятий, использующих особенности физических явлений, присущих гидроакустическим полям.

Специфические организационные мероприятия по скрытию объектов от гидроакустической разведки направлены: на снижение собственных шумов этих объектов и интенсивности отраженных от них сигналов активных средств гидроакустической разведки; повышение скрытности работы установленных на объектах гидролокаторов, средств звукоподводной связи и гидроакустических помех. Они включают:

- выбор маршрутов движения НК и ПЛ вдали от возможных мест размещения средств гидроакустической разведки и с учетом гидрографических и гидроакустических характеристик акватории;
- установление определенного порядка использования активных гидроакустических средств;
- введение ограничений на параметры излучаемых гидроакустических сигналов;
- строгое выполнение установленных правил использования средств звукоподводной связи;

- соблюдение требований, предъявляемых к "охраняемой от гидроакустической разведки акватории", то есть гарантированное исключение возможности нахождения в пределах охраняемой акватории любых средств разведки;
- легендирование судостроительных и судоремонтных заводов, испытательных баз и проводимых испытаний;
- рациональный выбор акватории для проведения испытаний объектов.

При рациональном выборе акватории для проведения испытаний следует стремиться к тому, чтобы акватория:

- находилась в закрытой зоне или, по крайней мере, была максимально удалена от разрешенных маршрутов прохода иностранных судов;
- была закрытого или полузакрытого типа, т.е. представляла собой озеро или залив с возможно более узкой горловиной (входными воротами);
- имела достаточно сложную конфигурацию береговой черты и естественные звукоизолирующие препятствия (острова, отмели, мысы и т.д.) на наиболее опасных направлениях распространения демаскирующих излучений;
- характеризовалась в основном мягким грунтом (ил, песок и т.д.);
- имела хорошие естественные звукопоглощающие ловушки в виде узких береговых клиньев в направлениях возможной ориентации демаскирующего излучения.

В местах постоянного проведения испытаний и на акваториях, границы которых имеют небольшую протяженность, рекомендуется установка стационарных береговых ограждений, боновых заграждений вдоль водной границы, сигнализации.

В местах эпизодического проведения испытаний и на акваториях значительной протяженности рекомендуется проводить патрулирование.

К числу основных технических мер, позволяющих осуществить гидроакустическую маскировку НК, ПЛ и минно-торпедного вооружения можно отнести:

- меры по снижению шумности НК и ПЛ;
- меры противогидролокационной маскировки, которые заключаются в уменьшении силы цели и использовании гидрологических особенностей районов плавания;

- дезинформационные мероприятия с применением ложных гидроакустических целей и имитаторов;
- создание активных помех гидроакустическим средствам разведки.

Снижение шумности НК и ПЛ

Задача снижения шумности НК и ПЛ является одной из наиболее актуальных и сложных задач современного военного кораблестроения. Исследования в области снижения собственных шумов НК и ПЛ ведутся по многим направлениям и носят комплексный характер.

Как показывают результаты исследований, снижение уровня собственных шумов может быть достигнуто следующими основными способами:

- повышением критической скорости НК и ПЛ путем использования соосных винтов, низкооборотных гребных винтов большого диаметра;
- повышением точности изготовления гребных винтов и монтажа вала;
- применением малошумных гребных винтов специальной конструкции и ликвидацией так называемого "пения" винта;
- рациональным размещением механизмов;
- уменьшением непосредственного шумоизлучения работающих механизмов за счет уравновешивания движущихся масс, улучшения обработки зубчатых передач, снижения веса движущихся частей и установки звукопоглощающих кожухов на двигатели;
- использованием жестких массивных фундаментов для установки машин и механизмов;
- снижением уровня структурных шумов путем установки механизмов на амортизаторы и звукоизолированные фундаменты и путем устранения жестких связей механизмов с корпусом;
- снижением уровня отраженных шумов при помощи пористых или волокнистых облицовок для внутренних поверхностей машинных отделений;
- глушением шумов выхлопных и всасывающих систем.

Применение перечисленных мер может обеспечить снижение шумности главных и вспомогательных механизмов в диапазоне частот 500-2000Гц на 20-25дБ.

В качестве одного из основных путей снижения шумности торпедных атомных подводных лодок можно отметить также переход к электродвижению. На этих лодках турбоэлектрический агрегат должен вырабатывать электроэнергию для двигателя, вращающего гребные винты. Этим будет исключена необходимость в зубчатом редукторе, являющемся одним из главных источников шумов атомных подводных лодок. Так, по данным, приводившимся в печати, шумность зубчатой передачи составляет до 40% общей суммарной шумности турбозубчатого агрегата. На этих же лодках предполагается использовать и другие меры обесшумливания:

- устранение крутых изгибов трубопроводов;
- отказ от крепления механизмов и другого оборудования непосредственно к корпусу и т.п. Как ожидают, все это обеспечит лодке малую шумность при скорости хода до 25 узлов.

Конструктивные меры по снижению шумности американских подводных лодок выражаются в устранении наиболее шумных узлов энергостановок и в применении прямодействующих (безредукторных) турбин и реакторов с естественной циркуляцией теплоносителя, в установке амортизаторов и звукопоглощающих фундаментов для механизмов, в разработке малошумных вспомогательных механизмов, в уменьшении непосредственного шумоизлучения работающими механизмами, в применении малошумных малооборотных гребных винтов, в устранении вырезов и отверстий в легком корпусе и т.д. Большое внимание обращается на обесшумливание агрегатов, работа которых мало зависит от скорости хода. На многоцелевых подводных лодках американского флота устанавливаются вентиляторы и поглотители углекислого газа с понижением до 80-90 процентов шумоизлучением по сравнению с шумоизлучением прежних агрегатов такого назначения.

На подавляющем большинстве атомных подводных лодок американского флота устанавливаются одновальные энергетические установки. Ведутся энергичные поиски выгодной формы винтов. Большие надежды возлагаются на соосные винты, конструктивно представляющие собой два винта противоположного шага, вращающиеся на общей оси.

Одной из особенностей американских ракетных подводных лодок типа "Трайдент" является их очень малая шумность. Среди мер и технических решений, обеспечивающих снижение шумности, указывается также на выбор более совершенной формы корпуса, применение двойного корпуса, создающего дополнительную воздушную звукопоглощающую прослойку, широкое применение в элементах

конструкции звукопоглощающих материалов. Ядерная энергетическая установка новых лодок имеет водяное охлаждение при естественной циркуляции воды.

Кроме конструктивных (технических) мер по снижению шумности подводных лодок используются и тактические приемы, применяемые непосредственно при переходах и в условиях боевых дежурств.

Тактические меры по снижению шумности подводных лодок предусматривают движение в районах патрулирования малыми ходами и на глубине, на которой кавитационные шумы являются минимальными, прекращение работы сильно шумящих вспомогательных механизмов, надежное крепление предметов на палубе и в надстройках, поддержание в исправности линий гребных валов, ограничение использования гидроакустических средств в активном режиме и др. Как отмечалось в печати, подводные лодки американского флота на глубине 120 м обладают способностью быть малошумными на скорости хода до 15 узлов [6,7].

Уменьшение силы цели

Скрытие надводных кораблей и подводных лодок от гидролокационных средств разведки достигается принятием мер противогидролокационной маскировки, которая заключается в уменьшении силы цели и использовании гидрологических особенностей районов плавания.

Уменьшение силы цели надводных и подводных объектов может быть достигнуто различными методами.

Известно, что сила цели малой сферы или любого гладкого объекта на низкой частоте зависит только от объема объекта. Поэтому на низких частотах, когда длина волны акустического излучения велика по сравнению с размерами объекта, единственным возможным методом снижения силы цели является уменьшение объема цели. Отсюда следует, что для тела, размеры которого малы по сравнению с длиной волны, никакие изменения формы тела, так же как и никакие покрытия, не являются эффективным средством снижения силы цели.

Однако в случае малых длин волн возможно, по крайней мере в принципе, использование нескольких способов. Один из них заключается в изменении формы тела (если это оказывается возможным). В частности, необходимо исключать из конструкции элементы, у которых радиус кривизны стремится к бесконечности - плоские пластины и цилиндры. Форма тела должна быть гладкой, без выступов, отверстий и полостей, которые действуют как рассеиватели звука.

Следующий способ уменьшения силы цели объекта заключается в использовании поглощающих покрытий различного типа.

Звукопоглощающие покрытия представляют собой слои из тех или иных материалов, приклеиваемые или прикрепляемые к объекту с целью снижения интенсивности эхо-сигналов от него. Наиболее важными из этих покрытий являются вязкопоглощающие покрытия, которые ослабляют звук, достигающий цели и отражающийся от нее, в процессе вязкого преобразования его энергии в тепло. Примером такого типа покрытия может служить резина с металлическими присадками, в которой мельчайшие воздушные полости в сочетании с металлическими частицами вызывают сдвиговую деформацию резины и приводят к потерям энергии акустического поля в результате преобразования ее в тепло.

Во время второй мировой войны для маскировки подводных лодок от гидролокаторов, работающих в диапазоне частот 9-18 кГц, немцами было разработано специальное покрытие корпуса, поглощающее до 99% падающей энергии звуковых волн. Покрытие состояло из двух слоев резины толщиной по 2 мм (рис.27).

Внешний слой сплошной, внутренний имеет отверстия различного диаметра. Комбинация отверстий образует колебательные контуры, поглощающие энергию ультразвуковых колебаний. Недостатком резонансных поглощающих покрытий является зависимость их коэффициента поглощения от температуры и давления окружающей среды. Эта зависимость объясняется влиянием температуры и давления на упругие параметры резины. Кроме того, изменение формы полостей под давлением также влияет на свойства поглотителя.

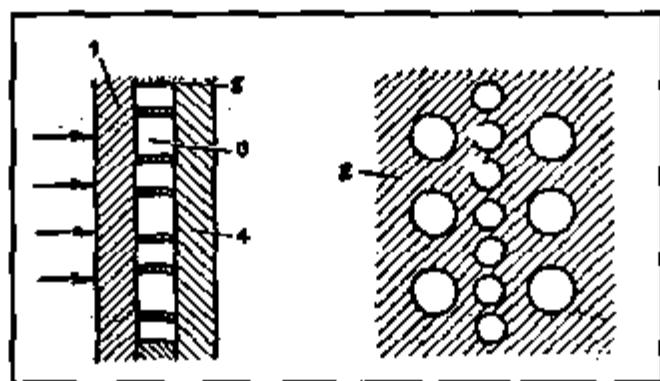


Рис. 27. Звукопоглощающее противогидролокационное покрытие:

- 1 – сплошной слой резины;
- 2 – внутренний перфорированный слой резины;
- 3 – отверстия;
- 4 – корпус подводной лодки.

Покрытие с переменными параметрами состоит из клиньев или конусов материала с большими потерями; вершины этих элементов обращены в сторону прихода падающей звуковой волны. Примером такого покрытия является конструкция из древесно-опилочного материала "инсульткreta", используемая для облицовки заглушенного бассейна. Как покрытие для гидроакустических целей этот материал слишком массивен и хрупок. Это необходимо учитывать при использовании его на практике. Компенсационное покрытие состоит из чередующихся слоев акустически твердых и акустически мягких материалов, отражающих звук с противоположными фазовыми сдвигами; при этом звук не возвращается от цели к источнику. К сожалению, полная компенсация имеет место только при нормальном падении, а в других направлениях это явление выражено слабо или вообще не наблюдается.

"Четвертьволновым слоем" называется покрытие толщиной $\lambda/4$, имеющее акустический импеданс, равный среднему геометрическому импедансов материалов по обе стороны слоя, например импедансов воды и стали. Из теории следует, что при этих условиях слой обеспечивает идеальное согласование импедансов двух материалов, и отражение звука не происходит. Однако такое покрытие эффективно только на одной частоте (и на ее нечетных гармониках) при нормальном падении, что делает его бесполезным для практического применения в гидроакустике.

В современных условиях в качестве материала для изготовления покрытий могут использоваться нейлон, полиэтилен, полипропилен и различные пластмассы, содержащие натуральный каучук. Из последних наилучшей считают полихлоропреновую пластмассу с содержанием черной сажи, обладающую необходимыми акустическими свойствами, сравнительно недорогую и маслостойкую.

В 1969 г. в США были проведены исследования акустических свойств оболочек сотовой конструкции, которые показали, что путем подбора определенных соотношений размеров геометрических элементов сот у таких оболочек можно получить противогидролокационный эффект.

И наконец, можно упомянуть принцип активной компенсации, при которой осуществляется контроль за падающим на цель звуком и с помощью малого акустического излучателя генерируется идентичный сигнал в противофазе по отношению к исходному. Для реализации данного способа требуется дорогая аппаратура; в любом случае на него не приходится

расчитывать, если речь идет об ослаблении отражений от больших и сложных гидролокационных целей.

Тактические мероприятия по противогидролокационной маскировке выражаются прежде всего в использовании гидрологических особенностей районов плавания.

Учитывая распределение температуры воды на различных уровнях, можно выбрать выгодную глубину, на которой подводную лодку трудно обнаружить. Летом, когда нижние слои воды холоднее верхних и звуковые лучи отклоняются вниз, наибольшая скрытность достигается на малых глубинах. Зимой, наоборот, нижние слои воды теплее верхних и звуковые лучи отклоняются к поверхности моря. Поэтому зимой подводную лодку труднее обнаружить на большой глубине.

В обеспечении скрытности подводных лодок от гидролокационных средств наблюдения большое значение придается глубине погружения. Считается, что подводной лодке, имеющей большую глубину погружения, легче найти различные температурные слои воды, на границах которых образуется звуковой барьер, препятствующий распространению импульсов гидролокаторов противника и искажающий их направление. С увеличением глубины погружения повышаются бесшумные скорости хода подводной лодки и увеличиваются помехи работе гидролокаторов.

Дезинформационные технические мероприятия

Мероприятия по технической дезинформации направлены на введение гидроакустической разведки противника в заблуждение относительно истинного назначения и характеристик скрываемых надводных и подводных объектов. Дезинформационные мероприятия осуществляются с помощью ложных гидроакустических целей и имитаторов [8-9].

Большое внимание уделяют созданию имитаторов подводных лодок. Такие имитаторы в условиях мирного времени, как считают, являются эффективным средством обеспечения боевой подготовки противолодочных сил, а в военное время могут использоваться в качестве одного из средств гидроакустического противодействия, отвлекая силы противника на ложное направление.

Современные самоходные имитаторы подводных лодок - сложные и весьма совершенные технические устройства. Они могут воспроизводить как

первичное - шумовое, так и вторичное - отраженное акустические поля подводной лодки, имитировать отражающую акустические волны кильватерную струю, а некоторые образцы имитаторов могут воспроизводить и другие физические поля подводной лодки, например магнитное. Степень правдоподобия воспроизведения физических полей и признаков, демаскирующих подводную лодку, может быть различной, она определяется основным назначением имитатора. Имитаторы могут осуществлять длительное маневрирование по заранее заданной программе.

Все это делает их весьма эффективным средством гидролокационного противодействия.

Примером подобного устройства может служить имитатор типа 21B12 ВМС США. Этот имитатор может использоваться с надводных кораблей, вертолетов и подводных лодок и имеет форму малогабаритной торпеды. Его основные тактико-технические данные: длина 3,3 м, диаметр корпуса 0,25 м, максимальный диаметр 0,35 м, масса 155,6 кг, скорость хода 8 узлов, максимальное время работы 2 ч, глубина хода (регулируемая) в пределах от 15 до 122 м, диапазон рабочих частот при имитации шумов от 0,1 до 10 кГц, при ретрансляции посылок гидролокаторов и взрывов от 8 до 30 или от 3 до 7 кГц. Шумы, создаваемые прибором, могут обнаруживаться кораблями на дистанции до 4-5 км. Дальность действия прибора при ретрансляции посылок гидролокаторов зависит главным образом от излучаемой ими мощности.

Корпус имитатора делится на несколько изолированных отсеков (рис.28).

В носовом отсеке, изготовленном из стали, размещена акустическая антенна в резиновой защитной оболочке. Эта антенна принимает сигналы гидролокаторов, облучающих прибор.

В следующем, электронном, отсеке размещаются аппаратура для усиления принятых посылок гидролокаторов и устройство имитации шумов подводной лодки, идущей со скоростью 6-12 уз. В аккумуляторном отсеке находится серебряно-цинковая батарея.

В отсеке излучателя ретранслируемых посылок гидролокатора, имитирующих эхо-сигнал, размещаются акустическая антенна и некоторые вспомогательные устройства. Излучающая ретранслируемые посылки акустическая антенна может заменяться другой с учетом одного из двух предполагаемых диапазонов частот ретранслируемых сигналов.

Отсек управления, изготовленный из пластмассы, содержит акустическую антенну, излучающую сигналы, имитирующие шумовое поле подводной лодки, электрические двигатели, некоторые вспомогательные устройства и аппаратуру управления, в том числе программное устройство. Программа управления имитатором наносится на перфоленту. С ее помощью можно управлять запуском и остановкой двигателей, курсом и глубиной хода прибора. После завершения программы в условиях боевой подготовки имитатор всплывает и выбирается постановщиком для последующего использования. Предполагается, что после некоторых усовершенствований время работы имитатора сможет быть увеличено до 6 ч, причем программа маневрирования его будет усложнена, а рабочий диапазон излучаемых частот расширен.

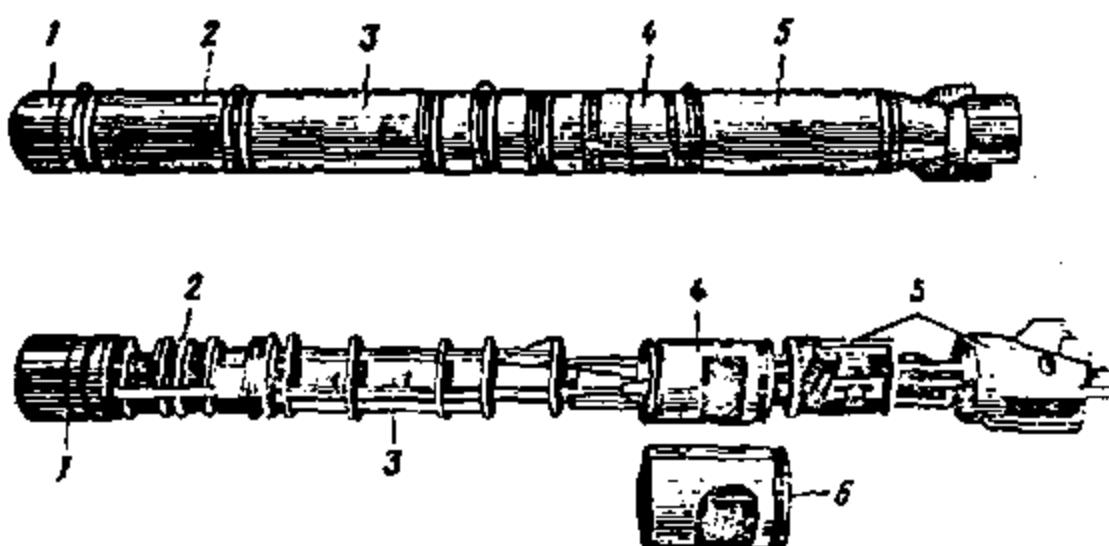


Рис. 28. Американский самоходный имитатор подводной цели:
а - общий вид; б - со снятой обшивкой; 1 - носовой отсек; 2 - электронный отсек; 3 - аккумуляторный отсек; 4 - отсек ретрансляторов эхо-сигналов; 5 - отсек управления и излучатель шума; 6 - сменный излучатель взрывных сигналов

В США разработан и принят на вооружение более совершенный имитатор типа Мк30. Этот имитатор имеет корпус из алюминиевых сплавов, разделенный на пять основных отсеков. Акустические антенны, размещенные по две с каждого борта, обеспечивают прием и ретрансляцию

посылок гидролокаторов в широком диапазоне частот. Скорость хода и характер маневрирования имитатора по направлению и глубине определяются заранее разработанной программой, которая может быть составлена и нанесена на перфоленту непосредственно в корабельных условиях перед каждым использованием прибора.

Источником энергии имитатора служат серебряно-цинковые аккумуляторы. Так как в имитаторе используется двигатель с постоянным числом оборотов, обычно применяемый в торпедах, регулировка скорости в широких пределах достигается подачей на него напряжения в виде импульсов, длительность и интервалы между которыми задаются программным устройством.

Существуют и более простые по устройству, но с ограниченными возможностями имитаторы. Примером может служить имитатор ВМС США типа AN/SQQ-5. Этот прибор имеет форму цилиндра диаметром 235 мм и длиной 711 мм, что позволяет выстреливать его из выбрасывающих устройств подводных лодок. Прибор может работать в течение 15 мин, имитируя эхо-сигналы переизлучением усиленных посылок гидролокаторов противника. Для повышения достоверности имитации эхо-сигналов в переизлучаемый сигнал вводится сдвиг частоты, соответствующий доплеровскому сдвигу частоты, возникающему при отражении посылки от подводной лодки, идущей со скоростью 2-6 уз.

Судя по опубликованным данным, за рубежом сохраняется интерес к имитационным патронам, появившимся еще в годы минувшей войны. Имитационные патроны, создавая в воде облака газовых пузырьков, хорошо отражающих акустическую энергию посылок гидролокаторов, имитируют подводные цели. Но они обладают существенным недостатком: в эхо-сигнале от газового облака, созданного имитационным патроном, отсутствует вызванный эффектом Доплера сдвиг частот, что облегчает классификацию полученного контакта как ложного. Для устранения этого недостатка рассматривается возможность создания газового облака с помощью самоходных носителей, разработанных на базе малогабаритных торпед. Для создания облака предполагается использовать различные высокоэффективные газообразующие гидрореагирующие вещества.

Рассматривается также вопрос об имитации крупной подводной цели путем насыщения пузырьками воздуха кильватерной струи самоходного носителя. Для увеличения времени, в течение которого пузырьки остаются нерастворенными

в воде, предполагается создавать для них полимерные оболочки и заполнять их специальным составом, уменьшающим скорость всплытия пузырьков на поверхность.

Считается, что с появлением атомных подводных лодок возникла необходимость создания более совершенного имитатора с увеличенными скоростью хода, глубиной погружения, маневренностью, способного имитировать отраженные сигналы и физические характеристики современных подводных лодок. При этом одной из самых серьезных является проблема имитации реальных шумов подводной лодки, пеленгемых всеми типами пассивных гидроакустических станций. На таком имитаторе необходимо также предусмотреть устройство автоматического управления, которое обеспечит программное маневрирование с поправкой на дрейф.

По существующим взглядам, предполагается, что при использовании самоходных имитаторов их выставлению должно предшествовать подавление приемного тракта гидролокатора противника активными помехами. Тогда момент и сам факт выставления имитатора могут остаться незамеченными противником, и имитатор, выходящий за пределы сектора помех, с большей вероятностью сможет привлечь к себе внимание противолодочных сил противника и отвлечь их на ложное направление, облегчая тем самым отрыв подводной лодки от преследования.

Создание активных помех гидроакустическим средствам

Применение активных помех является достаточно эффективным способом гидролокационного противодействия.

Средства создания помех аппаратуре гидроакустической разведки подразделяются на следующие:

- передатчики активных заградительных помех;
- вспомогательные средства флота;
- возбудители вибраций корпуса корабля.

Передатчики активных заградительных помех выполняются в мобильном и стационарном вариантах. Мобильный вариант используется для создания помех в быстроизменяющейся обстановке, например, при переходах кораблей. Для этого передатчики выстреливаются из торпедных аппаратов. Они обеспечивают создание заградительных помех в диапазоне частот от 0,5 до 85 кГц.

Стационарный вариант применяется для закрытия испытательных акваторий судостроительных заводов. Для этого передатчики помех устанавливаются у входа в испытательные акватории и обеспечивают создание заградительных помех в диапазоне частот от 1 до 40 кГц. Мощность излучения таких передатчиков помех составляет 50-100 кВт.

Во время переходов морем или проведении неакустических испытаний ПЛ и НК широкое применение находят вспомогательные средства флота: корабли, не имеющие скрываемых характеристик, гидроакустические буксируемые тралы. В этом случае вспомогательные средства флота располагающиеся между испытываемым кораблем и возможным местоположением средств гидроакустической разведки, собственным гидроакустическим шумом скрывают гидроакустическое поле защищаемого корабля.

Возбудители вибраций корпуса корабля обеспечивают искусственное (преднамеренное) искажение характеристик гидроакустического поля НК и ПЛ. Возбудители вибраций корпуса корабля могут быть электродинамическими (электромотором), механическими, гидравлическими, пневматическими. Мощность излучения возбудителей может быть в пределах 2-1000 Вт, диапазон генерируемых частот 4-1000 Гц в зависимости от типа возбудителя.

При проведении акустических испытаний кораблей и ГАС, когда основной целью испытаний является получение неискаженных характеристик гидроакустического поля, испытательные полигоны закрываются кораблями-постановщиками помех. Для этого передатчики помех размещаются по дуге окружности, центром которой является испытываемый объект. Радиус дуги, на которой выставляются корабли с передатчиками помех, выбирается таким образом, чтобы уровень помеховых сигналов в месте предполагаемого расположения аппаратуры разведки был выше уровня защищаемых излучений. Расстояние между кораблями со средствами помех по дуге окружности выбирается таким, чтобы была исключена возможность угловой селекции испытываемого средства и кораблей-постановщиков помех. Для исключения трехмерно-временного разделения информационных сигналов ч. помех, работа ГАС и средств помех синхронизируется системой программного управления.

17.1.2. Маскировка сигналов гидроакустических средств

Охраняемые параметры ГАС, информацию о которых можно получить, используя гидроакустическое поле, можно разделить на две группы:

- параметры, связанные с изменением уровня сигнала (акустическая мощность, характеристики направленности излучателя, звуковое давление);
- параметры, связанные с изменением частотно-временных характеристик (несущая частота, длительность импульса, спектральный состав, скважность и т.д.).

Одним из основных способов защиты ГАС на всех этапах их создания должно быть скрытие гидроакустического сигнала.

Скрытие должно исключать или существенно затруднять обнаружение и измерение скрываемых характеристик ГАС, определение характерных особенностей предприятий и выполняемых ими работ путем устранения или ослабления их демаскирующих признаков. С этой целью в первую очередь необходимо максимально использовать маскирующие свойства районов испытаний и акустические свойства зданий, сооружений и конструкций.

Мероприятия по скрытию гидроакустических сигналов проводятся на этапах проектирования, испытаний, изготовления и эксплуатации ГАС. Например, в процессе проектирования и разработки принимаются технические меры к сужению диаграммы направленности гидроакустической антенны и устра нию или уменьшению уровня тыльного и бокового излучения; введению нескольких режимов работы по излучаемой мощности, кодированию излучаемых сигналов.

В процессе натурных испытаний и при эксплуатации ГАС должны проводиться следующие защитные мероприятия:

- применение естественных пассивных мер скрытия;
- использование искусственных пассивных средств скрытия;
- выбор места и времени проведения работ, испытательных акваторий, а также конструкций испытательных сооружений;
- уменьшение энергии излучаемых гидроакустических сигналов и снижение их информативности;
- использование естественных, индустриальных и преднамеренных гидроакустических помех;
- применение технической дезинформации и активных помех.

К естественным пассивным средствам скрытия относятся гидрографические и гидрологические особенности водного бассейна, испытательных и сдаточных баз.

Применение для маскировки гидрологических и гидрографических свойств окружающей среды основано на использовании особенностей распространения звука в конкретной гидрологической обстановке испытательной акватории. Известно, что дальность распространения звука зависит от многих факторов: толщины водного слоя (глубины акватории), градиента температуры в акватории во время проведения испытаний, солености воды, характера береговой линии, профиля дна, наличия островов, поглощающих и отражающих свойств донных грунтов, закона расширения фронта акустической волны и потерь энергии волны вследствие затухания звука, рефракции звуковых лучей, рассеяния звука, реверберации и т.д. Поэтому места испытаний ГАС целесообразно располагать в глубине заливов и бухт. Желательно наличие в них островов, отмелей и перепадов глубин. Характер донных грунтов существенно влияет на распространение акустических сигналов. Илистые и илисто-песчаные грунты обладают наименьшими отражательными свойствами и поэтому более предпочтительны, чем каменистые.

Значения коэффициентов отражения для различных грунтов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Вид грунта	Средний размер элементарных частиц грунта, мм	Коэффициент отражения
Ил	0.012	0.17
Ил - песок	0.015	0.33
Песок - ил	0.28	0.5
Песок	0.26	0.51
Песок	0.3	0.7
Песок	0.46	0.85
Песок	0.58	0.61
Песок	0.59	0.41
Каменистый грунт	1.0	0.56
Каменный грунт	1.4	0.82

При искусственных способах скрытия в случае проведения испытаний в опытных бассейнах и в баках высокого давления широкое применение находят звукопоглощающие покрытия. В этом случае все их внутренние поверхности должны быть облицованы нерезонансными резиновыми покрытиями типа НППРК, выпускаемые промышленностью в виде пластин с размерами 500x400 мм. Эти покрытия эффективно работают в диапазоне частот 3-100 кГц.

Частотные характеристики коэффициентов отражения покрытий НППРК приведены в таблице 7.

Таблица 7

Тип покрытия	Коэффициенты отражения на частотах, кГц						
	4	5	6	10	20	50	100
НППРК-7	0.25	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
НППРК-4							
Толщина 72 мм	0.25	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1
НППРК-4д							
Толщина 51 мм	0.38	0.44	0.33	0.1	0.08	0.09	0.09

При проведении испытаний ГАС на акваториях для изоляции их от "открытой" воды может быть рекомендовано использование молов, дамб и создание пузырьковых завес. В качестве источников пузырьковых завес могут использоваться трубы с отверстиями не более 0,25 мм, которые прокладываются по дну водоема в наиболее узком месте акватории. В трубках необходимо поддерживать избыточное давление около 1 кГ/см². Такая завеса может снизить уровень акустического сигнала на 20-30 дБ в диапазоне частот 1-20 кГц.

Если скрытие гидроакустических сигналов не обеспечивает требуемое снижение уровня их мощности, следует применять активную гидроакустическую маскировку.

Активная маскировка гидроакустических сигналов может быть осуществлена путем создания заградительных шумовых помех (ЗШП). В качестве источников ЗШП могут быть использованы измерительные гидроакустические излучатели и специальные средства гидроакустических помех. При проведении активной маскировки могут применяться также средства помех, используемые для гидроакустической маскировки НК и ПЛ.

Реализуемые организационные мероприятия или технические меры по защите от гидроакустической разведки считаются эффективными, если отношение акустического давления информативного сигнала к акустическому давлению естественных или преднамеренных помех в полосе частот сигнала на границе охраняемой территории (акватории) не превышает допустимой величины. Эта величина определяется специальными нормами.

17.2. Защита объектов от акустической разведки

По содержанию защита от акустических средств разведки предусматривает организационные и технические мероприятия.

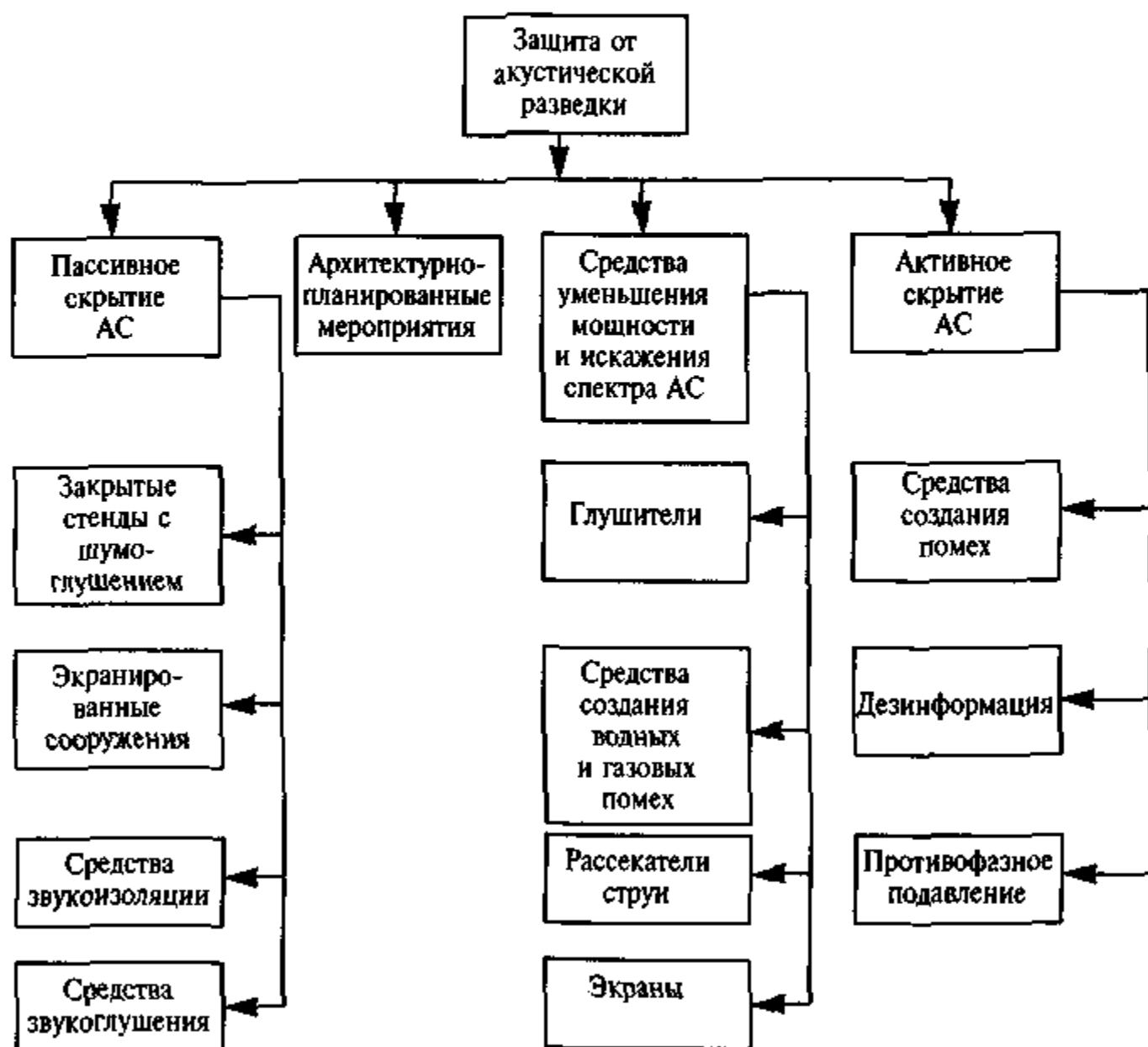


Рис. 29. Классификация средств защиты от акустической разведки

Организационные мероприятия включают:

- временные, пространственные и территориальные ограничения;
- усиление охраны скрываемых объектов с целью исключения возможности приближения к ним технических средств разведки на дальность возможного обнаружения акустических сигналов;
- выбор времени взрыва спецбоеприпасов, совпадающего с началом ближайшего землетрясения;
- проведение группового взрыва спецбоеприпасов различного состава с их пространственным распределением и со сдвигом во времени их подрыва, что обеспечивает искажение спектрального состава сейсмических волн.

Технические мероприятия заключаются в разработке специальных решений, которые исключают или затрудняют добывание информации, содержащейся в акустическом поле.

Из основных технических мероприятий по скрытию акустических сигналов (АС) от технических средств разведки следует отметить:

- пассивное скрытие АС;
- архитектурно-планировочные мероприятия;
- средства уменьшения мощности и искажения спектра АС;
- активное скрытие АС.

Классификационная схема средств защиты от аппаратуры акустической разведки представлена на рис.29.

17.2.1. Пассивные средства скрытия и снижения мощности АС

Пассивные средства скрытия акустических сигналов предназначены для снижения их интенсивности до уровня окружающего шумового акустического фона.

К пассивным средствам скрытия АС относятся:

- использование закрытых испытательных стендов с шумоглушением, обеспечивающих снижение шумов до уровня окружающего акустического фона;
- проведение испытаний объектов с повышенным акустическим излучением в экранированных сооружениях (подземные выработки или специальные сооружения с надежной звуковой изоляцией и закрытой системой коммуникаций);
- средства звукоизоляции шумящих элементов техники и объектов, к которым относятся: звукоизолирующие кожухи, экраны двигателей и рабочих мест, звукопоглощающие конструкции, вибропоглощающие покрытия, амортизирующие крепления механизмов, виброотражающий компинг и др.;
- средства звукогашения.

Устройства шумоподавления используются при испытаниях ракетных и самолетных двигателей на закрытых стенах. Конструктивно они выполняются в виде: газодинамической трубы, обеспечивающей необходимую высотность и расчетное течение газа в сверхзвуковом сопле; газожидкостного эжектора, в центральную часть которого поступает поток горячих газов, а в периферийную часть через форсунки подается поток воды; смесительного канала, в котором происходит охлаждение газов и образуется газожидкостная смесь; закрытого приемного бассейна с узлом ввода газожидкостной смеси под уровнем воды и вертикальной выхлопной трубы для вывода в атмосферу и рассеяния продуктов сгорания из двигателя. Эффективность устройств по снижению уровня акустических шумов может достигать 70-80 дБ.

Подобные устройства обеспечивают защиту и от других средств разведки, так как устраняются световые излучения и видимые выбросы компонентов топлива. Недостатком устройства являются трудности, связанные с большим расходом воды при испытаниях мощных двигателей.

Экранированные сооружения представляют собой звукоизолированные здания (помещения), бассейны, подземные полигоны, выработки и другие конструкции, форма и размеры которых определяются типом испытываемого средства. Основной характеристикой подобных средств скрытия АС является эффективность экранирования (звуковое ослабление). Эффективность экранирования зависит от толщины стен, потолочных перекрытий или насыпи, облицовочного и поглощающего материала. Как правило, они применяются при испытаниях двигателей бронетанковой и авиационной техники, а также стрелкового оружия.

Звукоизоляция является наиболее эффективным методом снижения энергии акустического излучения. Она заключается в использовании специальных звукоизолирующих и ограждающих конструкций на пути распространения АС.

К звукоизолирующим конструкциям относятся специальные кожухи, экраны, выгородки. Применение звукопоглощающих кожухов способствует ослаблению энергии звукового излучения. Кожухи могут быть съемными или разъемными. Они выполняются из стали, дюраля и других несгораемых материалов. Внутренние поверхности стенок кожуха покрываются звукопоглощающим материалом. Звукоизолирующий экран это устройство, создающее в звуковом поле акустическую тень. Экран может быть установлен как вблизи источника шума, так и вблизи защищаемого объекта.

Сущность звукоизоляции при использовании ограждающих конструкций заключается в том, что большая часть падающей на ограждение звуковой волны отражается и лишь небольшая часть проникает через ограждение.

Ограждающие конструкции бывают однослойными и многослойными. Однослойные ограждающие конструкции это конструкции, состоящие из одного или нескольких слоев, жестко связанных друг с другом. К ним относятся стены, перегородки, перекрытия.

Многослойные ограждающие конструкции - это конструкции, состоящие из нескольких слоев, которые не имеют между собой жесткой связи. Между слоями могут располагаться воздушные промежутки или мягкие изоляционные слои. К ним относятся стены с гибкими плитами, раздельные (двойные) конструкции, межэтажные перекрытия.

С целью повышения эффективности звукоизоляции внутренняя поверхность ограждений помещения облицовывается звукопоглощающим материалом или специальными звукопоглощающими панелями. Кроме того, внутри помещения могут размещаться штучные звукопоглотители, представляющие собой свободно подвешенные объемные звукопоглощающие тела различной формы.

При падении акустического сигнала на звукопоглощающий материал или звукопоглощающую конструкцию значительная часть звуковой волны поглощается, а меньшая часть отражается.

По принципу поглощения звуковых волн все материалы делятся на три группы: пористые, резонансные и штучные.

К пористым материалам относятся:

- пористые структуры с жестким каркасом (плиты на пензолите, штукатурные плиты с заполнителем, гипсовый и цементный фибролит);
- пористые структуры с полужестким каркасом (древо-волокнистые, минераловатные плиты на различных связках с окрашенной и профилированной поверхностью);
- пористые структуры с упругим каркасом (полиуретановый поропласт, пористый поливинилхлорид, прошитые и обернутые в ткань маты из капронового волокна и т.д.).

Резонансные конструкции представляют собой перфорированные экраны, оклеенные с обратной стороны тканью и расположенные на определенном расстоянии от жесткой поверхности. В качестве экранов используются листы металла, древесноволокнистые и асбоцементные плиты, фанера и др. К резонансным конструкциям относятся также мембранные (щитовые) поглотители в виде рамок с натянутыми на них эластичными пленками; листов . фанеры, пластика, древесностружечных плит, располагаемых на некотором расстоянии от твердых стенок.

Штучные звукопоглотители представляют собой объемные звукопоглощающие тела в форме щитов, конусов, призм, параллелепипедов, шаров и др., свободно подвешиваемых к потолку, строительной конструкции или к подвесной системе (например, натянутой проволоке). Их выполняют из перфорированных листов твердого картона, пластмассы, металла или рулонной алюминиевой фольги, оклеенной изнутри войлочной тканью или заполненной звукопоглощающим материалом.

Приближенная эффективность конструктивных средств снижения шума в децибелах приведена в таблице 8 [10].

Таблица 8

Мероприятия по снижению шума и обозначения их акустической эффективности	Средние частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Применение щитового металлического кожуха ($\delta=2$ мм) с вибропоглощающей мастикой ($\delta=6$ мм) и звукопоглощающим материалом.	1	3	10	14	16	18	20	20
Установка металлического экрана ($\delta=1,5$ мм) со звукопоглощающим материалом со стороны двигателя, площадь экрана не более 40% поверхности двигателя	0	0	1	2	3	3	4	4
Размещение малошумных агрегатов в изолированных помещениях: одного из трех агрегатов	0	0	1	1	1	2	2	2
двух из трех агрегатов (также при установке ГРЩ в ЦПУ)	1	1	2	2	3	4	4	4
одного из двух агрегатов	1	1	2	2	3	5	5	5
всех агрегатов	1	1	2	3	4	6	6	6
Установка звукопоглощающих конструкций площадью не менее 50% площади ограждений при толщине материала около 50 мм, в помещениях, где V/S_{Pi} :								
менее 0,6	2	2	3	5	7	7	7	6
от 0,6 до 0,7	0	1	2	4	6	6	5	5
более 0,7	0	0	1	3	5	5	4	4

Средства звукоглушения применяются для снижения шума всасывания и газовых хлопа двигателей внутреннего сгорания, систем вентиляции и кондиционирования воздуха, различных гидроприводов и т.д.

Глушители по принципу действия делятся на активные (звукопоглощающие патрубки и пластинчатые); реактивные (камерные и резонансные) и комбинированные. К комбинированным могут быть также отнесены экранные глушители.

Глушители активного типа эффективны на средних и высоких частотах, а реактивные и комбинированные - в широком диапазоне частот.

Активный глушитель образуется каналом или системой каналов, облицованных звукопоглощающим материалом с минимальным аэродинамическим сопротивлением. Простейшим глушителем активного типа является звукопоглощающий патрубок. Особенностью этого глушителя является наличие спада эффективности, начиная с октавы, в пределы которой попадает значение частоты f_m :

$$f_m = 11200 / \sqrt{D \cdot \delta},$$

где D - диаметр глушителя, см; δ - толщина звукопоглотителя, см. При больших переходных сечениях целесообразно применять пластинчатые глушители активного типа.

Реактивные глушители выполняются в виде камер расширения и сужения, снабженных иногда перегородками, резонансными отростками. На судах, как правило, используются однокамерные и двухкамерные глушители. Двухкамерные глушители обеспечивают более широкую полосу заглушения, чем однокамерные и при разной длине камер практически не имеют провалов частотной характеристики.

В тех случаях, когда необходимо получить широкую полосу заглушения, применяют глушители, состоящие из расширительных камер, облицованных звукопоглощающим материалом. Кроме того, могут использоваться также составные глушители, состоящие из комбинации активных и реактивных глушителей. Снижение шума составными глушителями определяется суммированием эффективности всех входящих в него элементов.

Архитектурно-планировочные мероприятия должны проводиться на стадии проектирования новых военно-промышленных объектов и учитывать характер местности, здания и зеленые насаждения, которые существенно влияют на распространение звука от объектов. Величины снижения уровня акустического сигнала земными насаждениями и сооружениями приведены в таблице 9.

Таблица 9

Вид застройки или озеленения	Снижение уровня сигнала, дБ
Использование естественного рельефа и зданий-экранов	7-25
Многорядные посадки деревьев	4-5
Расположение источников сигналов в выемках	10-20
Здания-экраны специальной конструкции	10-30

Средства уменьшения мощности и искажения спектра акустических сигналов предназначены для частичного снижения или усиления уровня звука, искажения отдельных участков спектра излучения или изменения направления излучения.

К этим средствам относятся глушители звука, устройства создания водных и газовых завес, рассекатели струи, экраны.

Глушители звука предназначены для частичного снижения уровня акустического сигнала. Как правило они могут использоваться при испытаниях двигателей авиационной и бронетанковой техники в качестве ствольных шумогасящих насадок для орудий. Эффективность этих устройств составляет 10-20 дБ.

Средства создания газовых и водяных завес используются при испытаниях ракетных и авиационных двигателей. Эти средства предназначены для снижения уровней дискретных составляющих в спектре или общего снижения уровня сигнала за счет охлаждения газовой струи. Снижение уровня дискретных составляющих в спектре акустического шума ракетного двигателя обеспечивается путем установки с одной стороны газовой струи двигателя завесы из газа, скорость звука в которой отличается от скорости звука в окружающей среде. При такой завесе акустические возмущения, идущие от зоны распада струи, достигают основания струи со стороны, где есть завеса, и со стороны, где ее нет в разные моменты времени, что снижает положительные обратные связи на резонансных частотах струи, а следовательно, и уровни дискретных составляющих спектра сигнала. При относительном расходе газа, например, гелия 0,6% уровень дискреты снижается на 12 дБ.

Водные завесы осуществляются путем впрыскивания воды в газовую струю двигателя специальными патрубками, расположенными вне струи или в струе газа. Особенno существенное снижение уровня шума происходит на

высоких частотах. Снижение шума с помощью рассекателей происходит из-за дробления газовой струи на мелкие струи, что эквивалентно торможению струи. Рассекатели устанавливаются в сверхзвуковой струе перпендикулярно потоку газа. Наилучшие результаты дают рассекатели с отношением диаметра рассекателя к диаметру струи 0,1-0,2. Ослабление звука при восьми рассекателях и числе $M = 3,5-4$ составляет 6-8 дБ. При этом в основном снижаются низкочастотные составляющие спектра.

Экраны используются для частичного снижения уровня акустического сигнала, излучаемого струей газового потока двигателя или отдельными элементами объекта. При экранировании сверхзвуковых струй используются цилиндрические трубы, устанавливаемые осесимметрично струе на начальном участке. При отношении длины трубы к длине струи больше 5 интенсивность звука уменьшается на 10-15 дБ. При этом заметно снижается уровень высокочастотных составляющих акустического спектра. При частичном экранировании отдельных участков двигателей внутреннего сгорания или двигателя в целом уровень шума снижается на 3-5 дБ. Как правило, в практике испытаний находят совместное применение средства впрыскивания воды, рассечения струи и экранирования. Оборудованные этими средствами испытательные стены ракетных двигателей обеспечивают общее снижение спектральных составляющих акустического поля на 45-50 дБ.

17.2.2. Активное скрытие

Активное скрытие используется тогда, когда мероприятия пассивного скрытия не обеспечивают необходимую эффективность защиты от акустических средств разведки. Оно включает: средства создания помех акустической разведке, дезинформацию и противофазное подавление АС.

При создании помех могут использоваться устаревшие образцы вооружения и военной техники, а также вспомогательное оборудование. Эффективность защиты при создании помех считается достаточной, если отношение акустического давления защищаемого сигнала к акустическому давлению естественных или преднамеренных помех в полосе спектра частот сигнала не превышает установленных норм или требований. Значительные затруднения в использовании устаревших образцов вооружения возникают при защите объектов с уровнями акустических сигналов больше 120-130 дБ. Поэтому указанные средства помех могут использоваться при защите объектов с относительно низкими уровнями сигналов.

К вспомогательным средствам активной защиты относятся средства помех типа сирен, резонаторов, громкоговорящих установок.

Для создания маскирующих акустических сигналов в воздушной среде можно использовать громкоговорители рупорного типа (25ГРД-2,5, -8РВ, -7ВЗГ; 50ГРД-8; 100ГРД-1). В качестве источников электрического

сигнала для возбуждения указанных громкоговорителей рекомендуются усилители типа Г2-1, генераторы сигналов Г3-34, ИГ-52, ГСМ.

Характеристики указанных приборов представлены в таб. 10.

Таблица 10

Тип прибора	Номинальная мощность, Вт	Полоса воспроизведения частот, Гц	Среднее звуковое давление, Н/м ²
Громкоговорители:			
25 ГРД-2	25	100-6000	0,8
25 ГРД-5	25	500-3500	1,5
25 ГРД-8РВ	25	500-4000	1,2
25 ГРД-7ВЗГ	25	500-4000	1,2
50ГРД-8	50	120-6000	0,7
100ГРД-1	100	120-5500	1,5
Усилители:			
ТУ-50М	50	60-8000	
ТУ-100М	100	60-8000	
ТУ-600	600	60-800	
Генераторы шума низкой частоты:			
Г2-1 (ГШН-1)		$50-6 \cdot 10^6$	
Г2-37		$50-6,5 \cdot 10^6$	
Генератор сигналов низкой частоты			
Г3-34	0,5	$20-20 \cdot 10^6$	
Импульс-генераторы			
ИГ-52		$(1-100) \cdot 10^3$	
ГСМ	100, 300, 1000	$300-100 \cdot 10^3$	

К особым способам активной защиты относится дезинформация, которая при своей реализации объединяет как организационные, так и технические меры. Сущность дезинформации заключается в преднамеренном излучении искусственных акустических сигналов, в которых содержатся ложные технические параметры или какое-либо смысловое содержание с целью ввести в заблуждение разведку вероятного противника.

К особым способам защиты можно отнести также метод противофазного подавления акустического сигнала, который обеспечивается электроакустической

системой, состоящей из микрофонов, воспринимающих акустические сигналы, усилителя и динамика. Эта система имеет регулируемую фазовую характеристику усилителя и создает гасящую звуковую волну в противофазе с акустической волной, несущей закрытую информацию.

С целью снижения затрат на активные способы защиты рекомендуется располагать производственные корпуса с высоким уровнем шумов вблизи границы охраняемой территории.

Глава 18

Возможные мероприятия по защите лазерных систем от технической разведки

В условиях широкого применения различных технических средств разведки особенно важным является своевременное принятие мер для надежного скрытия разработок новых видов вооружения и, в частности, лазерных систем военного назначения. Решение данного вопроса может быть достигнуто путем применения комплекса разнообразных мер защиты от ТСР.

При определении содержания мероприятий по защите объектов от ТСР необходимо учитывать:

- возможности ТСР вероятного противника;
- основные демаскирующие признаки объекта и их информативность;
- радиусы зон обнаружения прямого, отраженного и рассеянного излучения;
- осведомленность противника об объектах разведки;
- возможности и наличие сил и средств для решения задач защиты.

Все мероприятия по защите лазерных систем военного назначения от ТСР можно разделить на организационные и технические. С организационными и техническими мероприятиями непосредственно связаны меры по широкому внедрению методов имитации и моделирования работы лазерных систем на различных этапах натурных испытаний.

18.1. Организационные мероприятия по защите

К организационным защитным мероприятиям можно отнести:

- введение ограничений на работу излучателей во времени и пространстве;
- энергетические ограничения;
- ограничения режимного характера.

Ограничения работы излучателей во времени и пространстве включают:

- максимальное сокращение длительности работы излучения;
- полные или частичные затраты работы излучателей при пролете над районом испытаний или вблизи него искусственных спутников Земли и самолетов иностранных авиакомпаний, а также при проезде по железной дороге иностранных граждан;
- проведение работ на излучение при метеоусловиях, препятствующих или затрудняющих ведение космической и воздушной разведки;
- проведение работ на излучение в условиях повышенного фонового излучения;
- проведение испытаний в районах, исключающих, по возможности, воздушную, морскую и наземную разведку;
- установление грани рабочих секторов по азимуту и углу листа, в которых разрешена работа на излучение;
- выбор позиций установки лазерных средств, обеспечивающих минимальный уровень отраженных и рассеянных излучений.

Энергетические ограничения охватывают:

- ограничения по уровню излучаемой мощности (энергии);
- проведение работ и испытаний при пониженных уровнях выходной мощности (энергии) излучения;
- определение уровней выходных мощностей (энергий) излучателей по этапам испытаний.

К ограничениям режимного характера относятся следующие мероприятия:

- доведение тактико-технических характеристик объектов до ограниченного круга лиц;
- обеспечение установленного порядка хранения секретных документов, раскрывающих истинное значение характеристик защищаемых объектов;
- ограничение круга лиц, допускаемых к испытаниям;
- легендирование разрабатываемых систем и проводимых с ними испытаний;
- установление режимов работы излучателей в каждом конкретном случае;
- организация охраны района проводимых испытаний.

18.2. Технические меры защиты

Технические меры защиты включают активную и пассивную маскировку объектов. Активная маскировка осуществляется путем создания:

- маскирующих шумовых помех;
- имитирующих и ложных сигналов, исключающих или затрудняющих обнаружение излучений, измерение их параметров, определение режимов работы и местоположения.

Указанные мероприятия реализуются путем применения имитаторов лазерных сигналов; создания ложной обстановки по излучениям оптического и радиодиапазонов с помощью генераторов сигналов; применение средств импульсных и непрерывных шумовых помех в оптическом и радиодиапазоне; выбросы в атмосферу химических веществ, маскирующих продукты функционирования лазерных устройств; производство ложных взрывов для маскировки акустических и сейсмических эффектов работы лазерных устройств.

Пассивная маскировка имеет своей целью снижение уровня излучений и сигналов скрываемых средств за пределами охраняемой территории до уровня, исключающего возможность их обнаружения технической разведкой. Меры пассивной маскировки могут включать:

- применение экранов и щитов с покрытиями, поглощающими лазерное излучение;
- применение фильтров-насадок поглощающего действия;
- применение специальных покрытий, преобразующих лазерное излучение в другие виды излучений;
- снижение уровня побочных радио-излучений путем использования экранирующих устройств и специальных контуров заземления;
- уменьшение выброса химических продуктов, выделяющихся при функционировании лазерных устройств, в атмосферу и воду с помощью системы фильтров и специальных улавливателей химических примесей;
- применение дипольных рассеивателей и уголковых отражателей;
- маскировка внешнего вида лазерных систем, испытательного и *полигонного оборудования*;
- разработка специальных стендов для проведения испытаний лазерных систем в закрытых помещениях с имитацией прохождения луча через атмосферу;

- создание подземных галерей и трасс для проведения испытаний;
- применение аэрозольных и дымовых завес при работе на излучение;
- применение схемных и конструкторских решений при разработке или модернизации лазерных устройств, повышающих скрытность излучений и снижающих информативность их параметров;
- применение кодированного режима работы излучателей. Многие из перечисленных мероприятий уже рассматривались более детально в предыдущих главах.

Глава 19

Защита технических средств передачи, обработки и хранения информации

19.1. Защита информации при эксплуатации слаботочного оборудования

Работы по защите слаботочного оборудования от утечки речевой секретной информации предусматривают проведение организационных, организационно-технических и технических мероприятий, а также мероприятий по контролю за внедрением мер защиты и их состоянием в процессе эксплуатации.

Организационные и организационно-технические мероприятия являются первым обязательным этапом работы по защите слаботочного оборудования и должны проводиться одновременно. Технические мероприятия являются заключительным этапом работ по защите.

19.1.1. Организационные, организационно-технические и технические мероприятия

На этапе *организационных мероприятий* проводится: установление границ и размеров контролируемой зоны (зон), в которой исключено пребывание посторонних лиц; выявление наличия и состава средств слаботочной техники в контролируемой зоне; уточнение назначения и необходимости применения средств слаботочного оборудования в производственных и управленических звеньях; выявление технических средств, применение которых служебной необходимостью не обосновано; выявление наличия задействованных и незадействованных воздушных, наземных, подземных, настенных, а также заложенных в скрытую

канализацию кабелей и проводов, уходящих за пределы контролируемой зоны; уточнение перечня режимных помещений, в которых проводятся или должны проводиться закрытые мероприятия постоянного или временного характера (обмен мнениями, обсуждения, беседы, совещания и др.); выявление наличия в режимных помещениях оконечных устройств слаботочного оборудования; уточнение перечня помещений, в которых сосредотачиваются технические средства, предназначенные для обслуживания режимных помещений (радиоузлы, помещение АТС и т.д.)

С целью определения готовности режимных и технических помещений к проведению закрытых мероприятий проводится их аттестация. Под аттестацией помещений понимается оценка достаточности и надежности принятых мер защиты от технических средств разведки. Наряду с аттестацией режимные и технические помещения подвергаются периодическим и непериодическим проверкам, особенно после реконструкции помещений и установки в них нового слаботочного оборудования, на предмет выявления технических каналов утечки закрытой информации.

Организационно-технические мероприятия включают в себя меры по блокированию возможных каналов утечки речевой секретной информации путем: отключения опасных цепей и установки простейших схем и устройств защиты; демонтажа отдельных кабелей, цепей, проводов, уходящих за пределы контролируемой зоны; изъятия из режимных помещений средств слаботочного оборудования, применение которых может привести к возникновению опасности утечки речевой секретной информации; перемонтажа отдельных коммутационных устройств, замены отдельных участков кабелей; устройств контуров заземления; перемонтажа оборудования отдельных систем с целью внесения его в пределы контролируемой зоны.

Блокирование каналов возможной утечки речевой информации в системах городской и внутренней телефонной связи может осуществляться отключением на период проведения закрытых мероприятий звонковых цепей телефонных аппаратов или полным отключением телефонных аппаратов на период мероприятий; установлением элементов схемной защиты телефонных аппаратов (диодно-емкостная защита), предотвращающих проникновение информационных сигналов в линию; использованием развязывающих усилителей, которые характеризуются тем, что в прямом направлении сигналы усиливаются, а в обратном - ослабляются на несколько десятков децибел; применением генераторов шума, которые создают шумы в линиях различного назначения с уровнем, превышающим возможный уровень микрофонных или других наводок на 5-10 дБ. Так как наводки на десятки децибел ниже уровня полезных сигналов,

циркулирующих в линиях, то шумы практически на снижают качества работы средств телефонной связи.

Блокирование каналов утечки секретной информации через действующие на предприятии системы громкоговорящей связи может быть реализовано посредством размещения всего оборудования систем и кабельной разводки в одной общей контролируемой зоне; размещения стативов и пультов диспетчеров в отдельных помещениях, доступ в которые строго ограничен и в которых проведение закрытых переговоров должно быть запрещено ; установки в вызывных цепях системы тумблеров, позволяющих разрывать цепи в периоды проведения закрытых мероприятий; установки на входе громкоговорителей отключающих тумблеров, обеспечение возможности отключения на период закрытых мероприятий цепей питания микрофонных усилителей; полного отключения с помощью разъемов и кнопок всех отходящих от систем громкоговорящей связи линий в особо режимных помещениях.

Защита динамических громкоговорителей радиотрансляционной сети и оповещения может быть обеспечена путем заведения городской радиотрансляционной сети на общей для контролируемой зоны развязывающий усилитель, расположенный в ее пределах; размещения внутренней абонентской сети и абонентских громкоговорителей в общей с усилителем контролируемой зоне.

Блокирование возможных каналов утечки речевой секретной информации через цепи вторичных часов электрочасофикации, размещенных в режимных помещениях на этапе организационно-технических мероприятий возможно только отключением вторичных электрочасов от подведенной к ним линиям.

Защита вторичных часов (за исключением часов, размещаемых в особо режимных помещениях) не требуется, если все компоненты системы часофикации (в том числе и первичные электрочасы, и кабельная проводка) находятся в общей с режимными помещениями контролируемой зоне, а первичные часы находится в помещениях в ограниченным доступом (радиоузел, кросс, помещение АТС и др.).

В системе пожарной сигнализации защита от утечки речевой информации может быть обеспечена применением в режимных помещениях специальных датчиков, не реагирующих на акустические воздействия, например СИ-1, РИД-1 и др.

В целях защиты от утечки речевой информации через цепи и устройства систем охранной сигнализации также рекомендуется использовать специальные датчики.

В режимных и технических помещениях с ограниченным доступом категорически запрещается пользоваться пьезодатчиками, обладающими ярко выраженным микрофонным эффектом.

С целью исключения возможности утечки речевой информации из режимных помещений при работе незащищенных телевизоров, радиоприемников, переговорных устройств, а также различного рода звукоусилительных, звукозаписывающих и звуковоспроизводящих установок, непредназначенных для обработки, передачи и хранения секретной информации, на период закрытых мероприятий необходимо отключать указанные приборы от цепей электропитания.

Завершающим этапом всего комплекса защиты слаботочного оборудования должны быть технические мероприятия, которые включают в себя: установку специальных средств защиты речевой секретной информации от утечки за счет электромагнитных излучений и наводок; замену слаботочного незащищенного оборудования на защищенное; частичную или полную реконструкцию кабельных сетей слаботочного оборудования с целью обеспечения возможности передачи по ними закрытой речевой информации; частичную или полную реконструкцию помещений аппаратных и кроссов оборудования, предназначенного для передачи закрытой информации.

19.1.2. Поиск работающих технических средств разведки

Важным фактором в проблеме защиты информации является поиск и нейтрализации технических средств разведки. Эта работа дает результаты только в том случае, если она проводится комплексно, когда обследуются одновременно все возможные каналы утечки информации.

Существующие устройства поиска технических средств разведки могут быть активного и пассивного типа. К устройствам первого типа относятся нелинейные локаторы. Принцип их действия основан на том факте, что при облучении радиоэлектронных устройств, содержащих нелинейные элементы (диоды, транзисторы и т.д.), происходит преобразование падающего излучения в гармоники высших порядков. Отраженные сигналы на высших гармониках регистрируются приемником локатора независимо от режима работы радиоэлектронного устройства (включено - выключено).

Для поиска мест подключения к телефонной линии используется кабельный локатор, позволяющий определить расстояние до подозрительного места в телефонной линии. В кабельную линию посыпается зондирующий импульс, который должен отразиться от неоднородности в линии, возникающей в месте несанкционированного подключения.

К устройствам пассивного поиска по электромагнитному излучению относятся: приемники-сканеры, шумомеры, детекторы излучения

инфракрасного диапазона, анализаторы спектра, частотомеры, измерительные панорамные приемники, селективные милливольтметры и т.д. Общим для всех этих устройств является задача выделения сигнала радиопередатчика технического средства разведки. Конкретные типы и характеристики устройств поиска широко представлены в [11].

Комплекс указанных средств позволяет: обнаруживать любые радиомикрофоны, сигналы пульта дистанционного управления, систем слежения за транслятором, систем со скачками частоты; прослушивать телефонный аппарат и линию на предмет обнаружения телефонных закладок, защитить телефонную линию от возможного подключения новых закладок или их активизации с пульта дистанционного управления, вести круглосуточную запись подозрительных шумов.

Устройства для поиска звукозаписывающей аппаратуры получили название детекторов записывающей аппаратуры. Информационным сигналом для большинства таких устройств является магнитное поле, создаваемое генератором тока стирания. Но поскольку у некоторых магнитофонов специального назначения подобный генератор отсутствует, более перспективным следует считать детекторы, реагирующие на магнитное поле, созданное двигателем магнитофона.

Отдельное место занимают пассивные обнаружители подключения к телефонной линии. Существующие в настоящее время устройства реагируют на изменение напряжения в телефонной сети, но не обнаруживают негальваническое подключение. Примером подобного устройства может служить отечественные прибор ТСМ-1. Это достаточно простое и недорогое устройство устанавливается на телефонной розетке и обеспечивает обнаружение подключений подслушивающих приборов с малым входным сопротивлением. При снятии трубки загорается красный индикатор. Пока индикатор горит, разговор будет безопасным. При подключении подслушивающего телефона индикатор гаснет и ваш телефон отключается от линии. Второй режим работы прибора - это режим отсечки по постоянному току. Режим отсечки используется только во время разговора, а затем отключается. В этом режиме телефонный сторож определяет наличие подслушивающих устройств и «отсекает» по постоянному току.

Существуют аналогичные приборы, реагирующие дополнительно на близкие радиопередатчики.

Для активной защиты от взаимных индуктивных наводок в совместно проложенных телефонных проводах используют специальные генераторы шума. Эти приборы производят линейное зашумление совместно проложенных телефонных линий в диапазоне звуковых частот (50-20000 Гц).

19.1.3. Пассивные меры защиты информации

Как уже отмечалось, при работе различных технических средств образуются побочные электромагнитные поля и наводки в совместно проложенных проводах и кабелях.

Наиболее радикальным способом предотвращения перехвата информации, содержащейся в побочных электромагнитных излучениях, является экранирование помещений, проводов и аппаратуры. Эти меры способствуют также защите от подслушивающей аппаратуры с использованием радиопередатчиков. Одновременно с экранированием целесообразно выполнить дополнительную звукоизоляцию помещений. После проведения этих работ необходимо выполнить заземление экранов и аппаратуры. [17, 25]

Экранирование помещений можно выполнить, используя различные материалы. Это листовая сталь, проводящая медная сетка, алюминиевая фольга. Расчеты показывают, что медная сетка с ячейкой 2,5 мм дает приемлемую эффективность экранирования. Достаточно эффективный и дешевый экран получается при использовании фольги. После проведения экранирования необходимо проверить его эффективность. Для этого необходимо использовать радиопередатчик с частотой 400 МГц, мощностью 3-5 Вт, а также настроенный на волну передатчика и расположенный последовательно с разных сторон экранированного помещения приемник.

Целесообразно выполнить заодно и звукоизоляцию помещения, что позволит уменьшить вероятность прослушивания через стены, потолки, полы. Эффективным звукоизолирующим материалом является пенопласт. Слой пенопласта толщиной 50 мм равен по звукоизоляции бетонной стене толщиной 50 см.

Серьезную проблему представляет защита линий связи, выходящих за пределы помещения. Экранирование таких линий позволяет защититься от наводок, создаваемых этими линиями во внешнем пространстве. Наиболее экономичным способом экранирования считается размещение информационных кабелей в экранирующей распределительный короб. Когда такого короба нет, то приходится экранировать отдельные линии связи. Для этого используют либо провода в экранирующей оболочке, либо помещают в такую оболочку (например, фольгу) имеющиеся провода. Эффективно при этом использовать скрутку двух проводов (бифиляр), или трех проводов (трифилиар), уменьшающую излучение. При использовании трифилиара третий провод заземляется и служит экраном. Очень эффективен триаксиальный (экранированный коаксиальный) кабель. Необходимо также производить максимально возможный разнос проводов различных линий связи, что снижает взаимные наводки. Следует иметь в виду, что

экранирование проводов затрудняет или исключает прослушивание линий связи с использованием индуктивного датчика или датчика Холла.

При проведении таких работ можно рекомендовать проложить несколько линий связи: например, используемый экранированный провод скрыть под штукатуркой, плинтусом и т.д., а ложный проложить открыто. Можно также ложный провод подключить к линии связи и использовать его для проведения менее ответственных переговоров. Естественно, выполнять такие работы можно только в пределах до распределительной коробки или щита.

После проведения работ по экранированию помещения необходимо выполнить работы по заземлению экранов. Обычно это делается путем параллельного подключения к существующему контуру заземления после предварительной проверки его сопротивления (оно должно быть не более 4 Ом). Если заземление состоит из металлической круглой пластины радиуса R , расположенной непосредственно у поверхности земли, то сопротивление заземлителя рассчитывается по формуле:

$$R_3 = \frac{\rho}{4r} , \text{ где}$$

ρ - удельное сопротивление грунта $\Omega\text{m/cm}^3$, r - радиус заземляющей пластины, см.

В случае использования вертикально вбитой трубы сопротивление заземления рассчитывается по формуле:

$$R_3 = \frac{\rho}{4\pi l} \cdot \ln \frac{2l}{r} , \text{ где}$$

l - длина трубы, см, r - радиус трубы, см.

Удельное сопротивления наиболее часто встречающихся грунтов приведено в таблице 11:

Таблица 11

Тип грунта	Удельное сопротивление $\Omega \cdot \text{см}^3 * 10^3$
Смешанный (глина, известняк, щебень)	1
Чернозем	30
Глина	40
Суглинок	10
Лесс	25
Сухой лесс	30
Песок влажный	50
Песок сухой	2500
Каменистые почвы	400
Известняк	100000000

19.1.4. Создание помех средствам разведки

Эффективным средством для защиты переговоров от подслушивания является создание помех различного вида и диапазона аппаратуре технической разведки. Наиболее широко используются генераторы шума радио- и звукового диапазонов, а также их комбинации. Необходимо отметить, что задача создания помех средствам разведки в СВЧ и инфракрасном диапазонах является достаточно сложной задачей, так как антенны передатчиков и приемников этих диапазонов имеют очень узкие диаграммы направленности. В этом случае для создания эффективной помехи необходимо точно знать ориентацию антенны подавляемого приемного устройства.

Помехи радиодиапазона принято делить на заградительные и прицельные. Заградительная помеха ставится на весь диапазон частот, в котором предполагается работа радиопередатчика, а прицельная на одной частоте. Спектр сигнала заградительной помехи носит как правило, шумовой или псевдо-шумовой характер. Поэтому существенным недостатком в этом случае является необходимость в большой мощности передатчика помех, что в ряде случаев не может быть реализовано.

Более эффективными являются средства создания прицельных помех. Схема постановщика прицельной помехи изображена на рисунке 30.

Постановщик помехи работает в автоматическом режиме. Приемник-сканер осуществляет частотный обзор всего диапазона, частотомер определяет частоту обнаруженных радиосигналов, микропроцессор анализирует поступающие данные, сравнивая их с имеющейся информацией в памяти, и при появлении сигналов с характеристиками, отсутствующими в памяти, дает команду на включение передатчика прицельной помехи на частоте обнаруженного неизвестного сигнала.

Широкое распространение получили постановщики акустических помех. Это относительно простые и недорогие устройства создают пространственное зашумление в основном спектре звуковых частот, что обеспечивает маскировку речевых сигналов и снижает эффективность устройств подслушивания. Наибольшую эффективность дают устройства, вибраторы которых устанавливаются по периметру всего помещения, в том числе на пол, потолок, стены, вентиляционные отверстия и т.д.



Рис. 30. Схема постановщика прицельной помехи

19.1.5. Криптографическая защита информации

Наиболее эффективной мерой защиты информации является использование криптографических методов. В настоящее время используются два основных метода шифрования - аналоговый и цифровой. Устройства, реализующие функцию шифрования, получили название скремблеров. Основное применение скремблеры находят при защите информации, передаваемой по телефонным линиям связи (в том числе и по сотовым).

При аналоговом способе скремблирования реализуются два основных способа шифрования: частотные или временные перестановки. При том и другом способе характеристики передаваемого сигнала (речи) меняются таким образом, что сигнал, выделенный с помощью обычного

телефонного аппарата, становится неразборчивым. При частотном скремблировании с помощью фильтров вся полоса стандартного телефонного сигнала дробится на какое-то число частотных полос. Эти частотные полосы перемешиваются затем в заданной последовательности. Такой порядок перемешивания носит название ключа. Скорость перемешивания составляет от двух до шестнадцати циклов в секунду. В случае временных перестановок речь дробится на равные временные интервалы, которые затем также в определенном порядке перемешиваются.

На приемном конце с помощью известного ключа производится обратное преобразование. Наиболее высокий уровень закрытия получается при использовании одновременно обоих способов.

К преимуществам аналогового способа шифрования следует отнести его сравнительную простоту и меньшую стоимость устройств шифрования по сравнению с приборами, реализующими цифровые способы, а также небольшие габариты.

Основным недостатком данного способа является его меньшая стойкость к дешифровке. При выборе аналогового скремблера следует обращать внимание на сложность ключей и преобразований, применяемых в его системе шифрования.

Стойкость аналоговых сигналов к дешифровке составляет у разных скремблеров от нескольких часов до нескольких дней.

Цифровой способ кодирования информации является более стойким к дешифровке. При данном способе сигнал предварительно преобразуется в цифровую форму. В канал связи выдается набор стандартных знаков (как правило, нули и единицы). Для кодирования сигнала применяются более сложные и изощренные системы ключей. Ограничения накладываемые на использование цифрового способа, заключается в том, что для передачи сигнала требуется более широкая полоса частот, чем может обеспечить стандартная двухпроводная телефонная линия. Однако, использование специфических характеристик речевого сигнала и применение методов математической обработки сигнала позволяет сузить полосу частот до величины, приемлемой для передачи по телефонному каналу. Устройства, выделяющее существенные параметры речи и преобразующее их в цифровую форму, получили название вокодеров. При передаче цифровых сигналов по радиорелейным УКВ линиям связи полосы частот сигнала должны быть более широкими.

При цифровом способе кодирования необходимо обеспечить строгую синхронизацию работы передающей и приемной станции. Перед каждым сеансом связи передающая и приемная сторона автоматически обмениваются открытыми ключами, на основе которых устанавливается секретный сеансовый код. Использование этого метода снимает проблему изготовления и рассылку ключей, а также исключает утечку информации из

за утери ключа. Основной характеристикой цифровых шифраторов является алгоритм защиты. Считается, что надежность является высокой если алгоритм обеспечивает число ключевых комбинаций более 1025.

Естественно, для закрытия сведений государственной важности должны применяться цифровые способы кодирования, в то время как для защиты коммерческой и личной информации более приемлемыми часто являются аналоговые скремблеры.

Для обеспечения закрытой связи скремблеры должны быть у всех абонентов. Поэтому важной государственной задачей является разработка специальных телефонных аппаратов. В частности, в США эта проблема решается в рамках программы STU (Secure Telephone Unit). В настоящее время, наиболее распространенными в США являются телефонные аппараты третьего поколения STU-3, которые обеспечивают обмен цифровой информацией со скоростью 2,4 Кбит/сек, как в открытом, так и в защищенном режимах. Ключи для государственных учреждений изготавливаются в Агентстве Национальной Безопасности (АНБ), а для частных компаний корпорацией GTE.

В нашей стране также ведутся подобные работы по массовому внедрению специально разработанной техники в государственные организации и фирмы, работающие с государственными секретами. В качестве примера можно привести междугороднюю АТС «Фобос-КМ» и учрежденческую АТС «Сателлит».

Разработана также аппаратура для закрытия информации передаваемой по факсимильной и телексовой связи. Здесь можно отметить факсовый шифратор FSR-2000 и его более позднюю модификацию MSR-3000, которая использует стандартный алгоритм DES.

В России имеется изделие «ИССА» предназначенное для передачи буквенно-цифровой информации. Устройство выполнено в чемодане (дипломате), имеет клавиатуру и встроенный дисплей. Скорость передачи 600 Кбит/сек, 1200 Кбит/сек. Аппаратура обеспечивает закрытие информации в течении двух лет.

19.2. Защита информации в средствах электронно-вычислительной техники

Защита электронно-вычислительной техники и автоматизированных систем управления направлена на предотвращение возможности извлечения закрытой информации, циркулирующей в этих средствах, путем несанкционированного доступа или перехвата их побочных электромагнитных излучений и наводок. В соответствии с этим все способы защиты можно разделить на две группы: защита от несанкционированного доступа и защита от технических средств разведки.

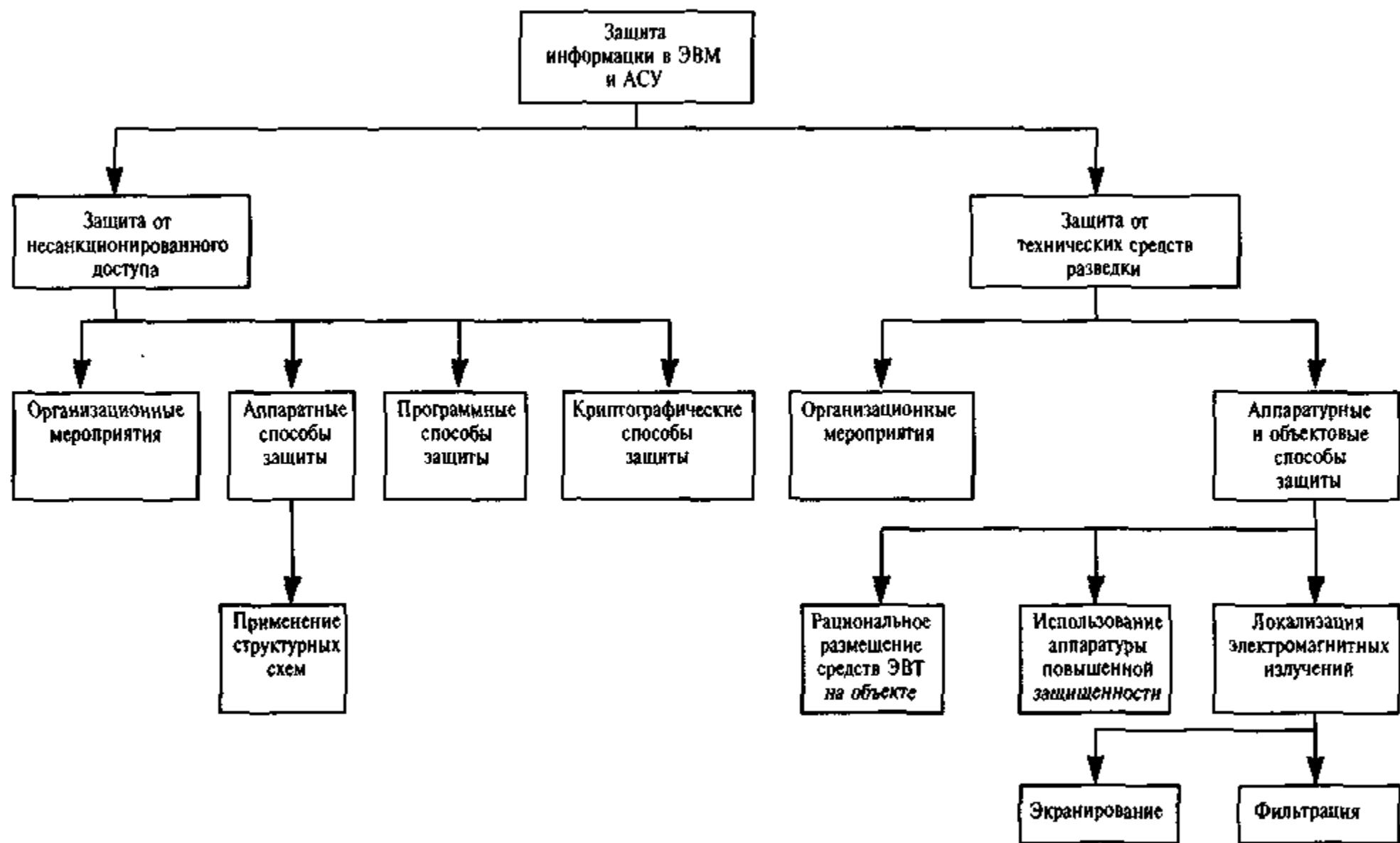


Рис. 31. Способы и средства защиты информации, циркулирующей в ЭВМ и АСУ

19.2.1. Защита от несанкционированного доступа

Защита от несанкционированного доступа достигается проведением организационных мероприятий и применением аппаратных, программных и криптографических методов.

Организационные мероприятия заключаются: в четком установлении обязанностей должностных лиц и обслуживающего персонала по защите информации; организации пропускного режима; установлении грифов секретности циркулирующей информации; осуществлении постоянного контроля за эффективностью действующей системы защиты и ее совершенствовании.

Важное место в системе организационных мероприятий занимают меры защиты, принимаемые на этапах строительства и оборудования вычислительных центров (ВЦ). Они должны предусматривать правильное размещение технических средств электронно-вычислительной техники, вспомогательного оборудования, установление необходимых размеров контролируемых зон, решение вопросов охраны и сигнализации. С точки зрения контроля за доступом к оборудованию и информации размещение ВЦ должно быть таким, чтобы исключить возможность тайного проникновения посторонних лиц в залы с оборудованием и помещения хранения носителей информации. Наилучшим вариантом размещения ВЦ считается такое, когда он располагается в отдельных специально построенных зданиях. Если для ВЦ нельзя выделить отдельное здание, то та часть здания, где предполагается его разместить, должна быть полностью изолирована от других подразделений.

Определение требуемых размеров контролируемой зоны является весьма важным вопросом при строительстве и оборудовании ВЦ, так как существует вполне реальная возможность перехвата информации путем регистрации электромагнитных излучений и наводок, возникающих в процессе работы различной аппаратуры ВЦ.

Четкое знание возможных технических каналов утечки информации, возникающих при работе средств электронно-вычислительной техники, и мер по их закрытию является необходимым и непременным требованием ко всем должностным лицам и обслуживающему персоналу, которые имеют непосредственное отношение к ВЦ. С этой целью администрация учреждений и режимно-секретные органы должны организовывать и регулярно проводить занятия по изучению различных аспектов защиты электронно-вычислительной техники.

Правильное размещение ВЦ обеспечивает организацию самого простого контроля за входом в ВЦ и доступом к аппаратуре. Однако при решении вопросов пропускного режима ограничиваться только правильным размещением ВЦ нельзя. Необходимо принимать и специальные меры, к

числу которых относятся: введение системы специальных пропусков, паролей, установление шифро-замков и т. д.

С точки зрения разграничения доступа персонала только к той аппаратуре и документам, которые ему необходимы для выполнения своих функциональных обязанностей, целесообразно разделять ВЦ на три части: помещение приема и распределения данных и заданий; библиотека магнитных лент, дисков, перфокарт с программами и массивами данных; рабочая область вокруг ЭВМ. Доступ в указанные помещения должен быть разграничен. Для организации доступа обслуживающего персонала в отдельные помещения ВЦ могут использоваться перфокарты и пароли.

Важное значение в общей системе мероприятий по защите ВЦ и АСУ имеет порядок хранения секретных документов и информационных массивов. Носители информации должны храниться в специальных хранилищах, предотвращающих их хищение или разрушение накапливаемой информации. Если носители информации предназначены для непосредственного использования при работе ЭВМ, то они должны храниться в машинном зале в специальных шкафах. Хранилище магнитных носителей информации должны иметь защиту от несанкционированных действий, например, по их размагничиванию.

Документация должна храниться в специальных сейфах. Наличие ее необходимо регулярно проверять. Помещения, в которых размещаются и функционируют ЭВМ, их внешние устройства, аппаратура сопряжения с каналами связи и другие средства ВЦ и АСУ должны соответствовать требованиям, предъявляемым к помещениям для ведения секретных работ и хранения секретных документов. Они должны постоянно находиться под охраной или наблюдением.

Чтобы защита информации действительно была надежной необходимо осуществлять постоянный контроль за эффективностью проводимых защитных мероприятий, своевременно выявлять возможные каналы утечки информации и принимать необходимые меры по их немедленному закрытию.

Аппаратные способы, являющиеся важной составной частью общей системы защиты секретной информации от несанкционированного доступа, подразделяются на общие и специальные. Общие аппаратные методы реализуются путем использования замков, ключей, комплекса электромеханических блокировок и сигнализации вскрытия стоек, шкафов, пультов и т. д. Специальные методы защиты предполагают использование различных структурных схем защиты в центральном процессоре, процессоре управления вводом-выводом данных, оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), устройстве управления внешним запоминающим устройством (ВЗУ), терминалах пользователей. Применяемые в различных узлах и блоках ЭВМ структурные схемы защиты обеспечивают контроль

доступа к информации со стороны пользователей, выявление ошибок в программах работы ЭВМ.

Программные методы защиты информации включают в себя функциональные программы опознания пользователей и определения их прав, опознания терминалов пользователей, защиты массивов информации (файлов).

Программы опознания пользователей и определения их прав выполняют две основные функции; устанавливают законность самого факта обращения пользователя к ЭВМ, а также определяют права данного пользователя в отношении объема доступа к информации. Опознание пользователей в современных ЭВМ производится с помощью специальных паролей, который представляют собой кодовые наборы буквенно-цифровых знаков.

В современных автоматизированных системах, являющихся, как правило, системами коллективного пользования, накапливается большое количество файлов разнообразных данных. Накапливаемая информация может иметь различную степень секретности. Доступ пользователей к такой информации должен осуществляться в зависимости от выполняемых ими служебных функций и наличия у них соответствующих допусков. Для разграничения обращения отдельных пользователей информации в ЭВМ применяются программы назначения файлам грифа секретности и контроля доступа к ним пользователей. При этом пользователь, имеющий допуск к файлам высшей степени секретности, может иметь доступ и к файлам низшей степени секретности. Кроме того, для разграничения доступа пользователей к информации в современных ЭВМ применяется также программный метод разделения памяти на страницы или сегменты, которые в процессе работы распределяются между пользователями. Для доступа к заданной странице памяти применяются кодовые слова, автоматически назначаемые управляющей программой.

В некоторых автоматизированных системах отдельные группы пользователей имеют одинаковые права на использование накапливаемой информации, что позволяет организовывать их работу с одного терминала. В этом случае нет необходимости осуществлять опознавание пользователей, а достаточно произвести идентификацию терминала, которая производится с помощью специальных программ. Если пользователи имеют различные права на обращение с накапливаемой информацией, то для контроля за их действиями с определенного терминала могут применяться специальные таблицы, в которых приведены сведения об идентификации терминала и действиях, которые разрешаются пользователям с накапливаемой информацией. Эти сведения хранятся в ЗУ и ЭВМ по специальным программам контролирует доступ пользователей к накапливаемой информации, а также характер обращения с нею.

Контроль за работой системы разграничения доступа и внесение изменений в таблицу и программы разграничения должен осуществляться работниками режимно-секретных органов, которые отвечают за работоспособность системы разграничения, правильность паролей и своевременность их смены. В случаях обращения к системе разграничения доступа для контроля или смены программ и таблиц работниками режимно-секретных органов должны применяться только им одним известные сменные коды (ключи одноразового действия).

В ряде случаев в автоматизированных системах применяют криптографические способы защиты информации. Необходимость засекречивания (шифрования) информации связана с возможностью хищения носителей информации (магнитных лент, дисков, барабанов, перфокарт) и несанкционированного съема информации, передаваемой по каналам связи.

Для засекречивания информации могут использоваться такие методы шифрования, как замена, перестановка, гаммирование, алгебра матриц.

19.2.2. Защита от технических средств разведки

Защита от технических средств разведки секретной информации, накапливаемой и циркулирующей в автоматизированных системах, достигается проведением организационных мероприятий и применением технических способов защиты.

Организационные мероприятия по защите в основном регламентируют процесс эксплуатации электронно-вычислительной техники. Их содержание и объем практически те же самые, что и у организационных мероприятиях, направленных на защиту от несанкционированного доступа.

Технические меры по защите могут проводиться как в процессе проектирования и монтажа электронно-вычислительной техники, так и в процессе ее эксплуатации. В соответствии с этим существуют два основных этапа защитных мероприятий; аппаратурный и объектовый.

На аппаратурном этапе проводятся специальные исследования аппаратуры на предмет выявления каналов утечки информации и разрабатывается предписание на эксплуатацию ЭВМ, в котором отражаются все необходимые мероприятия, подлежащие реализации до сдачи ЭВМ в эксплуатацию. На аппаратурном уровне защиты возможно проведение следующих мероприятий:

- устранение паразитной генерации в схемах ЭВМ;
- локальное экранирование отдельных элементов, функциональных узлов внутри стоечных проводов, жгутов, кабелей;
- доработка конструкций технических средств;
- установка сетевых и линейных фильтров.

На объектовом этапе защиты мероприятия осуществляются на объектах размещение ЭВМ и развертывания АСУ. К ним относятся:

- установление размеров контролируемой зоны, исключающей возможность перехвата побочных излучений и наводок за ее пределами;
- рациональное размещение средств электронно-вычислительной техники на объекте;
- использование на объекте минимального количества слаботочного оборудования;
- исключение из состава оборудования объекта неиспользуемой аппаратуры и незадействованных проводов;
- осуществление электропитания средств электронно-вычислительной техники от источников типа мотор-генератор, обеспечивающих гальваническую и электромагнитную развязку с первичной цепью питания, или от автономных источников;
- создание единого автономного контура заземления для технических средств, не выходящего за пределы контролируемой зоны, при этом сопротивление контура заземления не должно превышать величины, допускаемой специальными требованиями;
- экранирование отдельных помещений;
- использование аппаратуры повышенной защищенности.

19.2.3. Криптографическая защита информации в средствах электронно-вычислительной техники

Криптография – наука о защите информации от прочтения ее посторонними. Защита достигается шифрованием, т.е. преобразованием, которые делают защищенные входные данные трудно раскрываемыми без знания специальной ключевой информации - ключа. Под ключом понимается легко изменяемая часть крипtosистемы, хранящаяся в тайне и определяющая, какое шифрующее преобразование из возможных выполняется в данном случае. Крипtosистема - семейство выбираемых с помощью ключа обратимых преобразований, которые преобразуют защищаемый открытый текст в шифrogramму и обратно.

Желательно, чтобы методы шифрованы обладали минимум двумя свойствами:

- *законный получатель сможет выполнить обратное преобразование и расшифровать сообщение,*
- *криptoаналитик противника, перехвативший сообщение, не сможет восстановить по нему исходное сообщение без таких затрат времени и средств, которые сделают эту работу нецелесообразной.*

19.2.3.1. Наиболее известные криптосистемы

По характеру использования ключа известные криптосистемы можно разделить на два типа: симметричные (одно-ключевые, с секретным ключом) и несимметричные (с открытым ключом).

В первом случае в шифраторе отправителя и дешифраторе получателя используется один и тот же ключ. Шифратор образует шифр-текст, который является функцией открытого текста, конкретный вид функции шифрования определяется секретным ключом. Дешифратор получателя сообщения выполняет обратное преобразования аналогичным образом. Секретный ключ хранится в тайне и передается отправителем сообщения по каналу, исключающему перехват ключа криптоаналитиком противника. Обычно предполагается правило Кирхгофа: стойкость шифра определяется только секретностью ключа, т. е. криптоаналитику известны все детали процесса шифрования и дешифрования, кроме секретного ключа.

Открытый текст обычно имеет произвольную длину. Если его размер велик и он не может быть обработан вычислительным устройством шифратора целиком, то он разбивается на блоки фиксированной длины, и каждый блок шифруется в отдельности, независимо от его положения во входной последовательности. Такие криптосистемы называются системами блочного шифрования.

На практике обычно используют два общих принципа шифрования: рассеивание и перемешивание. Рассеивание заключается в распространении влияния одного символа открытого текста на много символов шифртекста: это позволяет скрыть статистические свойства открытого текста. Развитием этого принципа является распространение влияния одного символа ключа на много символов шифrogramмы, что позволяет исключить восстановление ключа по частям. Перемешивание состоит в использовании таких шифрующих преобразований, которые исключают восстановление взаимосвязи статистических свойств открытого и шифрованного текста. Распространенный способ достижения хорошего рассеивания состоит в использовании составного шифра, который может быть реализован в виде некоторой последовательности простых шифров, каждый из которых вносит небольшой вклад в значительное суммарное рассеивание и перемешивание. В качестве простых шифров чаще всего используют простые подстановки и перестановки.

Одним из лучших примеров криптоалгоритма, разработанного в соответствии с принципами рассеивания и перемешивания, может служить принятый в 1977 году Национальным бюро стандартов США стандарт шифрования данных DES. Несмотря на интенсивные и тщательные исследования алгоритма специалистами, пока не найдено уязвимых мест алгоритма, на основе которых можно было бы предложить метод

криптоанализа, существенно лучший, чем полный перебор ключей. Общее мнение таково: DES - исключительно хороший шифр. В июле 1991 года введен в действие подобный отечественный криптоалгоритм ГОСТ 28147-89.

В то же время блочные шифры обладают существенным недостатком - они размножают ошибки, возникающие в процессе передачи сообщения по каналу связи. Одиночная ошибка в шифртексте вызывает искажение примерно половины открытого текста при дешифровании. Это требует применения мощных кодов, исправляющих ошибки.

В блочном шифре из двух одинаковых блоков открытого текста получаются одинаковые блоки шифрованного текста. Избежать этого позволяют потоковые шифры, которые, в отличие от блочных, осуществляют позлементное шифрование потока данных без задержки в крипtosистемы. В общем случае каждый символ открытого текста шифруется, передается и дешифруется независимо от других символов. Иначе, шифрующее преобразование элемента открытого текста меняется от одного элемента к другому, в то время как для блочных шифров шифрующее преобразование каждого блока остается неизменным. Иногда символ открытого текста может шифроваться с учетом ограниченного числа предшествующих ему символов.

Потоковые шифры основываются на псевдослучайных ключевых последовательностях - генерированных определенным образом последовательностях символов с заданными свойствами непредсказуемости (случайности) появления очередного символа. Генераторы ключевых последовательностей обычно базируются на комбинациях регистров сдвига и нелинейных булевых функциях. В качестве нелинейной булевой функции может использоваться криптоалгоритм DES, что соответствует применению DES в режиме обратной связи по выходу (OFB) или обратной связи по шифртексту (CPB). Наибольший интерес представляет режим CPB, поскольку в ряде случаев режим OFB не обеспечивает требуемой секретности.

Системы потокового шифрования близки к крипtosистемам с одноразовым ключом, в которых размер ключа равен размеру шифруемого текста. При криптоанализе на основе известного открытого текста стойкость системы определяется нелинейными булевыми функциями, что позволяет оценить криптостойкость системы на основе анализа вида используемых функций. Следовательно, потоковые шифры в отличие от других крипtosистем обладают значительно большой анализируемой секретностью. Кроме того, в системах потокового шифрования не происходит размножения ошибок или оно ограничено. По этим причинам, а также ввиду высокой скорости обработки системы потокового шифрования вызывают большое доверие многих потребителей и специалистов.

В крипtosистемах с открытым ключом в алгоритмах шифрования и дешифрования используются разные ключи, каждый из которых не может быть получен из другого (с приемлемыми затратами). Один ключ

используется для шифрования, другой - для дешифрования. Основной принцип систем с открытым ключом основывается на применении односторонних или необратимых функций и односторонних функций с лазейкой (потайным ходом),

Вычисление ключей осуществляется получателем сообщений, который оставляет у себя тот ключ, который он будет потом использовать (то есть секретный ключ). Другой ключ он высылает отправителю сообщений - открытый ключ - не опасаясь его огласки. Пользуясь этим открытым ключом, любой абонент может зашифровать текст и послать его получателю, который сгенерировал данный открытый ключ. Все используемые алгоритмы общедоступны. Важно то, что функции шифрования и дешифрования обратимы лишь тогда, когда они обеспечиваются строго взаимосвязанной парой ключей (открытого и секретного), а открытый ключ должен представлять собой необратимую функцию от секретного ключа. Подобным образом шифртекст должен представлять собой необратимую функцию открытого текста, что в корне отличается от шифрования в системах с секретным ключом.

Исследование необратимых функций проводилось в основном по следующим направлениям: дискретное возведение в степень - алгоритм DH (Диффи-Хелман), умножение простых чисел - алгоритм RSA (Райвест, Шамир, Адлеман), использование исправляющих ошибки кодов Гоппы, задачи NP-полноты, в частности криптоалгоритм Меркля и Хелмана на основе "задачи об укладке ранца", раскрытий Шамиром, и ряд других, оказавшихся легко раскрываемыми и бесперспективными.

Первая система (DH) обеспечивает открытое распространение ключей, то есть позволяет отказаться от передачи секретных ключей, и по сегодняшний день считается одной из самых стойких и удобных систем с открытым ключом. Надежность второго метода (RSA) находится в прямой зависимости от сложности разложения больших чисел на множители. Если множители имеют длину порядка 100 десятичных цифр, то в наилучшем из известных способов разложения на множители необходимо порядка 100 млн. лет машинного времени, шифрование же и дешифрование требует порядка 1-2 с на блок. Задачи NP-полноты хорошо известны в комбинаторике и считаются в общем случае чрезвычайно сложными, однако построить соответствующий шифр оказывается весьма непросто.

В системах с открытым ключом, так же как и в блочных шифрах, необходим большой размер шифруемого блока, хотя, возможно и не больший, чем в алгоритме DES, что препятствует, наряду с низкой скоростью шифрования, использованию алгоритмов с открытым ключом в потоковых шифрах. На сегодняшний день высокоэффективные системы с открытым ключом пока не найдены. Почти повсеместно принято ограничение использования криптосистем с открытым ключом - только для управления ключами и для цифровой подписи.

19.2.3.2. Практическое применение криптосистем

1. DES-стандарт США на шифрование данных

Криптография известна с древнейших времен (достаточно вспомнить коды Цезаря) и до недавнего времени оставалась привилегией исключительно государственных и военных учреждений. Ситуация резко изменилась после публикации в 1949 году книги К.Шеннона "Работы по теории информации и кибернетике". Криптография стала объектом пристального внимания многих ученых. Принятие стандарта шифрования DES явилось мощным толчком к широкому применению шифрования в коммерческих системах. Введение этого стандарта - отличный пример унификации и стандартизации средств защиты. Примером системного подхода к созданию единой крупномасштабной системы защиты информации является директива Министерства финансов США 1984 года, согласно которой все общественные и частные организации, ведущие дела с правительством США, обязаны внедрить процедуру шифрования DES; крупнейшие банки Citibank Chase Manhattan Bank, Manufakture Haimover Trust, Bank of America, Security Pacific Bank также внедрили эту систему.

Министерство энергетики США располагает более чем 30 действующими сетями, в которых используется алгоритм DES, Министерство юстиции устанавливает 20000 радиоустройств, располагающих средствами защиты на базе DES. Стандартизация в последнее время приобретает международный характер, подтверждение тому - международный стандарт 1987 года ISO 8372, разработанный на основе криптоалгоритма DES.

В качестве стандартной аппаратуры шифрования можно назвать устройство Cidex-HX базирующееся на алгоритме DES; скорость шифрования - от 56 Кбит/с до 7 Мбит/с. Серийно выпускается автономный шифровальный блок DES 2000, в нем также используется процедура шифрования DES; скорость шифрования - от 38,4 Кбит/с до 110 Кбит/с. В различных секторах коммерческой деятельности используется процессор шифрования/десифрования данных FACOM2151A на основе алгоритма DES; скорость - от 2,4 Кбит/с до 19,2 Кбит/с. С распространением персональных компьютеров наиболее эффективными для них стали программные средства защиты. Так, разработан пакет программ для шифрования/десифрования информации СТА (Computer Intelligence Access), реализующий алгоритм DES. Этот же алгоритм использован в пакете SecretDisk (С F Systems) для исключения несанкционированного доступа к дискам.

Таким образом, алгоритм DES представляет собой основной механизм, применяющийся частными и государственными учреждениями США для защиты информации. В то же время Агентство национальной безопасности, выступающее как эксперт по криптографическим алгоритмам, разрабатывает новые алгоритмы шифрования данных для массового

использования. В 1987 году национальное бюро стандартов после обсуждения подтвердило действие DES; его пересмотр намечалось провести не позднее января 1992 года, и на сегодняшний день действие DES ограничивается исключительно коммерческими системами.

2. RSA-система с открытым ключом

Криптографические системы с открытым ключом позволяют создать в 90-х годах новую защищенную систему телефонной связи с числом абонентов до 3 миллионов. Компании AT&T, Motorola, RCA производят аппараты, допускающие совместную работу; компания GTE разрабатывает систему управления ключами. Поставки первых 75000 телефонов начались в 1987 году. Разработана специализированная интегральная схема IDS-P2 (MB8763), реализующая алгоритм DH и вычисляющая секретный ключ за 0,9 с. Программная реализация алгоритма RSA осуществлена компанией RSA Data Security, аппаратная реализация того же алгоритма и специализированная интегральная схема выполнены фирмой Sandia. Фирма Cylink выпустила специализированную интегральную схему CY1024, реализующую алгоритм RSA и обеспечивающую скорость шифрования 1000 бит/с.

3. Системы потокового шифрования

При шифрования высокоскоростных магистральных линий, как правило, используют системы потокового шифрования. Устройство SEC-17 обеспечивает скорость шифрования от 256 Кбит/с до 2304 Кбит/с, его ключ состоит из 72 шестнадцатеричных цифр; устройство SEC-15 позволяет иметь более 105340 статистически независимых ключей. Принципы потокового шифрования используются в устройствах MSDS MARCRYP. В устройстве потокового шифрования CSD 807 в генераторе ключевой последовательности применен 31-разрядный регистр сдвига, в генераторе устройства потокового шифрования SDE 100 используются 2 регистра сдвига.

4. ГОСТ 28147-89 – отечественный стандарт шифрования данных

В нашей стране установлен единый алгоритм криптографического преобразования данных для систем обработки информации в сетях ЭВМ, отделительных комплексах и ЭВМ, который определяется ГОСТ 28147-89.

Алгоритм криптографического преобразования данных предназначен для аппаратной или программной реализации, удовлетворяет криптографическим требованиям и не накладывает ограничений на степень секретности защищаемой информации.

Чтобы получить подробные спецификации алгоритма криптографи-

ческого преобразования, следует обратиться к ГОСТ 28147-89. Безусловно приведенный ниже материал не должен ни при каких условиях использоваться для программной или аппаратной реализации алгоритма криптографического преобразования.

При описании алгоритма используются следующие обозначения.

Если L и R - это последовательности бит, то LR будет обозначать конкатенацию последовательностей L и R. Под конкатенацией последовательностей L и R понимается последовательность бит, размерность которой равна сумме размерностей L и R. В этой последовательности биты последовательности R следуют за битами последовательности L. Конкатенация битовых строк является ассоциативной, т.е. запись ABCDE обозначает, что за битами последовательности A следуют биты последовательности B, затем C и т.д.

Символом (+) будет обозначаться операция побитового сложения по модулю 2, символом [+] - операция сложения по модулю (2^{32} в 32 степени) двух 32-разрядных чисел. Числа суммируются по следующему правилу:

A [+] B = A+B, если $A+B < (2^{32})$,

A [+] B = A+B - (2^{32}) в 32 степени), если $A+B = (2^{32})$

Символом {+} обозначается операция сложения по модулю ($(2^{32})-1$) двух 32 разрядных чисел. Правила суммирования чисел следующие:

A {+} B = A+B, если $A+B < (2^{32})-1$

A {+} B = A+B - ($2^{32})-1$, если $A+B = (2^{32})-1$

Алгоритм криптографического преобразования предусматривает несколько режимов работы. Но в любом случае для шифрования данных используется ключ, который имеет размерности 256 бит и представляется в виде восьми 32-разрядных чисел X(i). Если обозначить ключ через W, то

$W = X(7)X(6)X(5)X(4)X(3)X(2)X(1)X(0)$

Расшифрование выполняется по тому же ключу, что и зашифрование, но этот процесс является инверсией процесса зашифрования данных.

Первый и самый простой режим - замена. Открытые данные, подлежащие зашифрованию, разбиваются на блоки по 64 бит в каждом, которые можно обозначить T(j),

Очередная последовательность бит T(j) разделяется на две последовательности B(0) (левые или старшие биты) и A(0) (правые или младшие биты), каждая из которых содержит 32 бита. Затем выполняется итеративный процесс шифрования, который описывается следующими формулами;

1. $A(i)=A(i-1)[+]X(j)(+)B(i-1))$,

и $B(i)=A(i-1)$,

если $i=1,2,\dots,24, j=(j-1) \bmod 8$;

2. $A(i) = f(A(i-1)[+] X(j)(+)B(i-1))$,
и $B(i) = A(i-1)$,
если $i=25, 26, \dots, 31$, $j=32-i$;

3. $A(32)=A(31)$,
 $B(32)=f(A(31) [+] X(0)) (+) B(31)$,
если $i=32$.

Здесь i обозначается номер итерации ($i=1, 2, \dots, 32$). Функция f называется функцией шифрования. Ее аргументом является сумма по модулю 2 в 532 0 числа $A(i)$, полученного на предыдущем шаге итерации, и числа $X(j)$ ключа (размерность каждого из этих чисел равна 32 знакам).

Функция шифрования включает две операции над полученной 32-разрядной суммой. Первая операция называется подстановкой K . Блок подстановки K состоит из восьми узлов замены $K(1) \dots K(8)$ с памятью 64 бит каждый. Поступающий на блок подстановки 32-разрядный вектор разбивается на восемь последовательно идущих 4-разрядный вектор соответствующим узлом замены, представляющим собой таблицу из шестнадцати целых чисел в диапазоне 0 ... 15.

Входной вектор определяет адрес строки в таблице, число из которой является выходным вектором. Затем 4-разрядные выходные векторы последовательно объединяются в 32-разрядный вектор. Таблицы блока подстановки K содержат ключевые элементы, общие для сети ЭВМ и редко изменяемые.

Вторая операция - циклический сдвиг влево 32-разрядного вектора, полученного в результате подстановки K . 64-разрядный блок зашифрованных данных T_{sh} представляется в виде

$$T_{sh} = A(32) B(32)$$

Остальные блоки открытых данных в режиме простой замены зашифровываются аналогично.

Следует иметь в виду, что режим простой замены допустимо использовать для шифрования данных только в ограниченных случаях. К этим случаям относится выработка ключа и зашифрование его с обеспечением имитозащиты для передачи по каналам связи или хранения в памяти ЭВМ.

Следующий режим шифрования называется режимом гаммирования. Открытые данные, разбитые на 64-разрядные блоки $T(i)$ ($i=1, 2, \dots, m$, где m определяется объемом шифруемых данных), зашифровываются в режиме гаммирования путем поразрядного сложения по модулю 2 с гаммой шифра G , которая вырабатывается блоками по 64 бит, т.е.

$\Gamma_{\text{ш}} = (\Gamma(1), \Gamma(2), \dots, \Gamma(i), \dots, \Gamma(m))$.

Число двоичных разрядов в блоке $T(m)$ может быть меньше 64, при этом неиспользованная для шифрования часть гаммы шифра из блока $\Gamma(m)$ отбрасывается.

Уравнение зашифрования данных в режиме гаммирования может быть представлено в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{Ш}(i) &= A(Y(i-1)[+]C2); \\ Z(i-1)(+ C1(+ T(i)) &= \Gamma(i)(+ T(i)). \end{aligned}$$

В этом уравнении $\text{Ш}(i)$ обозначает 64-разрядный блок зашифрованного текста, A - функцию шифрования в режиме простой замены (аргументами этой функции являются два 32-разрядного числа), $C1$ и $C2$ -константы, заданные в ГОСТ 28147-89. Величины $Y(i)$ и $Z(i)$ определяются итерационно по мере формирования гаммы, следующим образом:

$$(Y(0), Z(0)) = A(S),$$

где S - 64-разрядная двоичная последовательность (синхропосылка);

$$(Y(i), Z(i)) = Y(i-1) [+] C2, Z(i-1) (+) C1,$$

для $i=1, 2, \dots, m$

Расшифрование данных возможно только при наличии синхропосылки, которая не является секретным элементом шифра и может храниться в памяти ЭВМ или передаваться по каналам связи вместе с зашифрованными данными.

Режим гаммирования с обратной связью очень похож на режим гаммирования. Как и в режиме гаммирования, открытые данные, разбитые на 64-разрядные блоки $T(i)$ ($i=1, 2, \dots, m$, где m определяется объемом шифруемых данных), зашифровывается путем поразрядного сложения по модулю 2 с гаммой шифра $\Gamma_{\text{ш}}$, которая вырабатывается блоками по 64 бит:

$\Gamma_{\text{ш}} = (\Gamma(1), \Gamma(2), \dots, \Gamma(i), \dots, \Gamma(m))$.

Число двоичных разрядов в блоке $T(m)$ может быть меньше 64, при этом неиспользованная для шифрования часть гаммы шифра из блока $\Gamma(m)$ отбрасывается.

Уравнение зашифрования данных в режиме гаммирования с обратной связью может быть представлено в следующем виде;

$$\text{Ш}(1) = A(S)(+)T(1) = \Gamma(1)(+)T(1).$$

$$\text{Ш}(1) = A(\text{Ш}(i-1)) (+) T(i) = \Gamma(i) (+) T(i), \text{ для } i=2,3,\dots,m$$

Здесь Ш(i) обозначает 64-разрядный блок зашифрованного текста, А - функцию шифрования в режиме простой замены. Аргументом функции на первом шаге итеративного алгоритма является 64-разрядный синхропосылка, а на всех последующих - предыдущий блок зашифрованных данных Ш(i-1).

В ГОСТ 28147-89 определяется процесс выработки имитовставки, который единообразен для любого из режимов шифрования данных. Имитовставка - это блок из r бит (имитовставка Ир), который вырабатывается либо перед шифрованием всего сообщения, либо параллельно с шифрованием по блокам. Первые блоки открытых данных, которые участвуют в выработке имитовставки, могут содержать служебную информацию (например; адресную часть, время, синхропосылку) и не зашифровываться. Значение параметра r (число двоичных разрядов в имитовставке) определяется криптографическими требованиями с учетом того, что вероятность навязывания ложных помех равна $1/2^r$.

Для получения имитовставки открытые данные представляются в виде 64-разрядных блоков $T(i)$ ($i=1,2,\dots, m$ где m определяется объемом шифруемых данных). Первый блок открытых данных $T(1)$ подвергается преобразованию, соответствующему первым 16 циклам алгоритма зашифрования в режиме простой замены. Причем в качестве ключа для выработки имитовставки используется ключ, по которому шифруются данные.

Полученное после 16 циклов работы 64-разрядное число суммируется по модулю 2 со вторым блоком открытых данных $T(2)$. Результат суммирования снова подвергается преобразованию, соответствующему первым 16 циклам алгоритма зашифрования в режиме простой замены.

Полученное 64-разрядное число суммируется по модулю 2 с третьим блоком открытых данных $T(3)$ и т.д. Последний блок $T(m)$, при необходимости дополненный до полного 64-разрядного блока нулями, суммируется по модулю 2 с результатом работы на шаге $m-1$, после чего зашифровывается в режиме простой замены по первым 16 циклам работы алгоритма. Из полученного 64-разрядного числа выбирается отрезок Ир длиной r бит.

Имитовставка Ир передается по каналу связи или в память ЭВМ после зашифрованных данных. Поступившие зашифрованные данные расшифровываются и из полученных блоков открытых данных $T(i)$ вырабатывается имитовставка Ир, которая затем сравнивается с имитовставкой Ир, полученной из канала связи или из памяти ЭВМ. В случае несовпадения имитовставок все расшифрованные данные считаются ложными.

19.2.3.3. Сравнение криптографических методов

Метод шифрования с использованием датчика псевдослучайных чисел наиболее часто используется в программной реализации системы криптографической защиты данных. Это объясняется тем, что он достаточно прост для программирования и позволяет создавать алгоритмы с очень высокой криптостойкостью. Кроме того, эффективность данного метода шифрования достаточно высока. Системы, основанные на этом методе позволяют зашифровать в секунду от нескольких десятков до сотен Кбайт данных.

Основным преимуществом метода DES является то, что он - стандартный. Важной характеристикой этого алгоритма является его гибкость при реализации и использовании в различных приложениях обработки данных. Каждый блок данных шифруется независимо от других, поэтому можно осуществлять независимую передачу блоков данных и произвольный доступ к зашифрованным данным. Ни временная, ни позиционная синхронизация для операций шифрования не нужна.

Алгоритм вырабатывает зашифрованные данные, в которых каждый бит является функцией от всех битов открытых данных и всех битов ключей. Различие лишь в одном бите данных даёт в результате равные вероятности изменения для каждого бита зашифрованных данных,

DES может быть реализован аппаратно и программно, но базовый алгоритм всё же рассчитан на реализацию в электронных устройствах специального назначения.

Это свойство DES выгодно отличает его от метода шифрования с использованием датчика ПСЧ, поскольку большинство алгоритмов шифрования построенных на основе датчиков ПСЧ, не характеризуются всеми преимуществами DES. Однако и DES обладает рядом недостатков.

Самым существенным недостатком DES считается малый размер ключа. Стандарт в настоящее время не считается неуязвимым, хотя и очень труден для раскрытия (до сих пор не были зарегистрированы случаи несанкционированной дешифрации). Ещё один недостаток DES заключается в том, что одинаковые данные будут одинаково выглядеть в зашифрованном тексте.

Алгоритм криптографического преобразования, являющийся отечественным стандартом и определяемый ГОСТ 28147-89, свободен от недостатков стандарта DES и в то же время обладает всеми его преимуществами. Кроме того, в него заложен метод, с помощью которого можно зафиксировать необнаруженную случайную или умышленную модификацию зашифрованной информации.

Однако у алгоритма есть очень существенный недостаток, который заключается в том, что его программная реализация очень сложна и практически лишена всякого смысла.

Теперь остановимся на методе RSA. Он является очень перспективным, поскольку для зашифрования информации не требуется передачи ключа другим пользователям. Но в настоящее время к этому методу относятся с подозрительностью, поскольку не существует строгого доказательства, что не существует другого способа определения секретного ключа по известному, кроме как определения делителей целых чисел.

В остальном метод RSA обладает только достоинствами. К числу этих достоинств следует отнести очень высокую криптостойкость, довольно простую программную и аппаратную реализацию. Следует заметить что использование этого метода для криптографической защиты данных неразрывно связано с очень высоким уровнем развития вычислительной техники.

19.2.4. Защита от компьютерных вирусов

В последнее время бичом вычислительных систем стали вирусы. По существующим оценкам вред от их воздействия больше, чем от НСД [26]. Компьютерные вирусы представляют собой небольшие программы, способные размножаться (переносить свои копии на другие носители), заражать программы (т.е. добавлять к ним свой код), а также наносить прямой вред (уничтожать) информацию др.).

Вообще говоря, структура вируса очень сильно связана со структурой вычислительной и операционной системы и поэтому довольно сложно говорить о вирусах вообще. Информацию о вирусах для наиболее распространенного семейства IBM PC можно найти в [26], здесь же мы остановимся на методах защиты от вирусов. Их можно разделить на программные и аппаратные. Рассмотрим сначала программные.

Прежде всего, необходимо отметить, что невозможно написать программу, дающую 100-процентную защиту от вирусов, т.е. всегда можно написать вирусную программу, которая обойдет самую изощренную программную защиту. Однако, ввиду дешевизны, наиболее распространены именно программные средства.

По принципу действия их можно разделить на:

- “Вакцину”;
- “Сторожа”;
- “Диагностики”.

“Вакцина” изменяет вакцинируемую программу так, что ее не может поразить какой-то определенный тип вируса.

“Сторож” контролирует действия ЭВМ и в случае подозрительных действий (характерных для вирусов) выдает запрос оператору на подтверждение. Это очень утомляет и, кроме того, уже существуют вирусы, обходящие “сторожей”.

“Диагностики” - наиболее распространенная часть программ. К ней, например, относятся: AIDSTEST Лозинского, SCAN Mc. Afee и т.д. Эти программы проверяют весь носитель (или отдельные файлы) на наличие известных вирусов и в случае нахождения пытаются уничтожить вирус. Понятно, такие программы вообще не защищают от новых вирусов.

Более эффективным способом защиты от вирусов является аппаратный. Есть два пути его реализации:

Реализация защищенного режима в ЦПУ ЭВМ и операционной системе как это сделано, например, в ЭВМ VAX фирмы DEC, в операционной системе OS/2, использующей так называемый защищенный режим МП 286/386, и во многих других дорогих системах.

Другой способ - реализация аппаратного сторожа, возможная и в дешевых системах. Однако в этом случае остается проблема ложной тревоги. В целом, проблема вирусов остается очень серьезной и отнимающей массу средств и времени. Единственным надежным способом ее решения является прекращение несанкционированного копирования программ - основного пути распространения компьютерных вирусов.

19.3. Организационно-правовые меры обеспечения безопасности информации и аттестация автоматизированных систем

19.3.1. Организационно-правовые меры

Достижение высокого уровня информационной безопасности невозможно без проведения учреждением организационно-правовых мероприятий по защите информации. С одной стороны, эти меры должны быть направлены на обеспечение правильности функционирования механизмов защиты информации, и выполняются администратором автоматизированных систем (АС).

С другой стороны, руководство учреждения, эксплуатирующего АС и СВТ, должно регламентировать правила автоматизированной обработки защищаемой информации, включая правила ее защиты, а также установить меру ответственности за нарушение этих правил.

Организационные мероприятия начинаются с выбора класса защищенности АС или СВТ в соответствии с особенностями обработки информации.

Затем рекомендуется осуществление следующего комплекса организационно-правовых мер:

- определить уровень конфиденциальности всех обрабатываемых данных;
- определить порядок установления полномочий пользователей, а также круг лиц, которым предоставляются права доступа;
- установить и оформить правила разграничения доступа;
- ознакомить каждого пользователя с уровнем его полномочий;
- определить условия работы пользователя в АС, в форме юридического документа;
- обеспечить физическую охрану территории, здания, помещений, хранилищ носителей информации и оборудования;
- закрепить выполнение некоторых функций защиты за пользователями;
- определить правила и способы защиты документов и носителей информации;
- разработать инструкции для пользователей;
- определить порядок создания и хранения резервных копий и др.

В процессе функционирования защищенной АС основными мерами являются: регулярный анализ учетных и регистрационных данных, определение и устранение на их основе узких мест в защите.

Организационно-правовые меры определяются в юридических документах в форме договоров, приказов и распоряжений руководства учреждения. Например, отрабатываются:

- договор между разработчиком, пользователем и руководством учреждения об условиях работы АС и ее техническом обслуживании;
- приказ о назначении администратора АС и (или) специализированной службы, штатных (нештатных) сотрудников защиты информации;
- договор между участниками информационного обмена и третьей стороной (арбитражем, третейским судом) о правилах разрешения споров, конфликтов, связанных с нарушением информационной безопасности.

19.3.2. Порядок аттестации автоматизированных систем по требованиям безопасности информации

Аттестация АС учреждения по требованиям безопасности информации проводится после завершения ее создания, перед вводом в эксплуатацию в соответствии с Положением по аттестации объектов информатизации, определяющим порядок проведения аттестации, а также контроля и надзора за аттестацией и эксплуатации аттестованных объектов.

Под аттестацией объектов информатизации (в том числе и АС учреждения) понимают комплекс организационно-технических мероприятий, в результате которых специальным документом - Атtestатом соответствия

подтверждается, что объект соответствует требованиям стандартов или иных нормативно-технических документов по безопасности информации.

Наличие на объекте информатизации действующего Аттестата соответствия дает право обрабатывать конфиденциальную информацию в течение периода времени, установленного сроком действия Аттестата соответствия.

При аттестации объекта информатизации подтверждается его соответствие требованиям по защите информации от НСД, компьютерных вирусов, от утечки за счет побочных электромагнитных излучений и наводок при специальных воздействиях на защищаемый объект.

Контроль за эффективностью реализованных мер и средств защиты информации в АС учреждения возлагается на службу информационной безопасности учреждения

19.3.3. Предложения по организации службы информационной безопасности АС учреждения

Для непосредственной организации и обеспечения защиты информации в АС учреждения создается специальное штатное или нештатное подразделение – служба информационной безопасности.

Основные функции службы информационной безопасности заключаются в следующем:

- формирование требований к системе защиты в процессе создания АС учреждения;
- участие в проектировании системы защиты информации;
- участие в испытаниях и приемке системы защиты информации АС учреждения и ее составных элементов;
- планирование, организация и обеспечение функционирования системы защиты информации в процессе эксплуатации АС учреждения;
- распределение между пользователями необходимых реквизитов защиты: паролей, дополнительной идентифицирующей информации, ключей защиты и т.п.;
- организация генерирования и установки кодов–идентификаторов технических средств;
- организация и ведение служебных массивов системы защиты информации;
- наблюдение за функционированием системы защиты информации и ее элементов;
- организация превентивных проверок эффективности функционирования системы защиты информации;
- обучение пользователей и обслуживающего персонала АС учреждения правилам обработки конфиденциальной информации и другой информации, подлежащей защите;

- контроль за соблюдением пользователями и обслуживающим персоналом АС учреждения правил обращения с конфиденциальной информацией и другой информацией, подлежащей защите в процессе ее автоматизированной обработки;
- принятие адекватных мер защиты при попытках несанкционированного доступа к информации и при нарушении правил функционирования системы защиты информации;

Организационно-правовой статус службы информационной безопасности определяется следующим образом:

- штатная численность службы информационной безопасности должна быть достаточной для выполнения всех перечисленных выше функций;
- служба информационной безопасности должна подчиняться непосредственно первому заместителю руководителя учреждения, который несет персональную ответственность за обеспечение защиты информации в учреждении;
- штатный состав службы информационной безопасности не должен иметь других обязанностей, не связанных с обеспечением информационной безопасности;
- сотрудники службы информационной безопасности должны иметь право доступа во все помещения, где размещена аппаратура АС учреждения и средства защиты ее информации;
- сотрудники службы информационной безопасности должны иметь право прекращать автоматизированную обработку информации при наличии или возникновении угрозы утечки защищаемой информации;
- руководителю службы информационной безопасности должно быть предоставлено право запрещать включение в число действующих новые элементы компонентов АС учреждения, если они не отвечают установленным требованиям защиты информации;
- службе информационной безопасности должны обеспечиваться все условия, необходимые для решения возложенных на нее функциональных задач.

Задачи службы информационной безопасности АС учреждения, обязанности, права и ответственность должностных лиц и различных категорий обслуживающего персонала и пользователей сети за выполнение установленного порядка разработки и эксплуатации АС в целом и системы защиты информации – в частности определяются Положением об администраторе безопасности информации АС министерства и соответствующими должностными инструкциями по обеспечению информационной безопасности.

Глава 20

Технический контроль эффективности принимаемых мер защиты

20.1. Назначение и содержание технического контроля

Технический контроль (ТК) предназначен для оценки эффективности и надежности принимаемых мер защиты объектов от технических средств разведки. Основными задачами ТК являются:

- выявление демаскирующих признаков объектов защиты и возможных технических каналов утечки закрытой информации;
- определение (проверка) зон возможного обнаружения объектов техническими средствами разведки;
- проверка соответствия и эффективности принятых мер защиты установленным нормам;
- разработка предложений по совершенствованию системы защитных мероприятий.

Технический контроль подразделяется на космический, воздушный, морской и наземный. Он проводится по отдельным физическим полям и включает в себя:

- подготовку исходных данных для контроля, которая заключается в ознакомлении с защищаемым объектом и оценке его особенностей с точки зрения возможных демаскирующих признаков; уточнении видов и средств технической разведки, от которых осуществляется защита; проведении предварительных расчетов зон разведдоступности скрываемых объектов; подготовке и проверке контрольно-измерительной аппаратуры;
- определение допустимых значений нормируемых показателей в зависимости от технических параметров скрываемого объекта и вида технической разведки, от которого осуществляется защита;
- измерение (регистрация) нормируемых технических параметров защищаемого объекта по контролируемому физическому полю;
- сравнение полученных данных с нормативными требованиями, максимально допустимыми значениями нормируемых параметров физических информационных полей на границе охраняемой территории;
- оценка эффективности принятых мер защиты и разработка рекомендаций по совершенствованию мер защиты.

Для проведения ТК необходимо обязательное наличие трех элементов:

- норм эффективности защиты;
- методик (методов) проведения ТК;
- контрольно-измерительной аппаратуры.

Нормы эффективности защиты

Оценка результатов проводимого ТК эффективности мер защиты производится с помощью системы контролируемых показателей, называемых нормами. Все нормативные показатели, используемые при ТК, можно разделить на информационные и технические. Под информационными показателями понимаются вероятности обнаружения (необнаружения), распознавания (нераспознавания) и измерения технических характеристик объекта с заданными ошибками. Техническим показателем эффективности принимаемых мер защиты является количественная мера, характеризующая энергетические, временные, пространственные и частотные характеристики создаваемого объектом физического поля. Примерами таких показателей являются: контраст, эффективная поверхность рассеивания (отражения), спектральная плотность потока мощности, концентрация скрываемого вещества в воздухе (воде, грунте), поток гамма квантов и т.д. Нормой эффективности принятых мер защиты в этом случае считается максимально допустимое значение контролируемого параметра на границе охраняемой территории, где уже возможно нахождение технических средств разведки.

Основные методы ТК

Под методом ТК понимается совокупность расчетных и измерительных операций, а также последовательность их выполнения при решении конкретных задач контроля. В зависимости от содержания выполняемых операций методы ТК делятся на:

- инструментальные, при которых контролируемые показатели определяются непосредственно в ходе измерений (регистрации) параметров различных физических полей;
- инструментально-расчетные, при которых контролируемые показатели определяются расчетным путем с использование результатов измерений (регистрации) параметров различных физических полей;
- расчетные, при которых контролируемые показатели рассчитываются по исходным данным, содержащимся в руководящей справочной и другой технической документации.

Инструментальные методы ТК применяются при наличии аппаратуры контроля, позволяющей непосредственно измерять (регистрировать) физические параметры (технические показатели), указанные в нормах, технических заданиях, технических условиях и другой нормативно-технической документации.

Инструментально-расчетные методы ТК применяются в тех случаях, когда имеющаяся аппаратура контроля не обеспечивает непосредственное

измерение параметров (технических показателей), установленных нормативно-технической документацией, или в случаях недостаточной чувствительности аппаратуры контроля (ниже установленных значений нормативных показателей).

Расчетные методы ТК применяются в случаях отсутствия необходимой аппаратуры контроля, а также в случаях необходимости получения предварительных данных о зонах разведдоступности скрываемых объектов, например, перед аттестационными инструментальными проверками рабочих мест.

Контрольно-измерительная аппаратура

Контрольно-измерительная аппаратура является необходимым элементом при проведении ТК. В зависимости от вида ТК она может размещаться на космических, воздушных, морских и наземных носителях. При использовании в наземных условиях она может быть выполнена в портативном варианте. Контрольно-измерительная аппаратура должна обеспечивать возможность непосредственного измерения контролируемых параметров по соответствующему физическому полю, иметь чувствительность, адекватную чувствительности применяемой аппаратуры разведки; иметь небольшие габариты и вес, быть достаточно простой и надежной в эксплуатации.

20.2. Контроль эффективности принятых мер защиты от РТР

В качестве примера технического контроля эффективности принятых мер защиты рассмотрим случай защиты от средств РТР.

Для данного случая при реализованных мерах, снижающих энергию излучаемого сигнала, в качестве нормативного показателя обычно принимается предельно допустимый уровень спектральной плотности потока мощности скрываемого сигнала (СППМ) на границе охраняемой территории (случай пассивной маскировки).

При реализации мер защиты путем скрытия сигнала на фоне помехи в качестве нормы принимаются допустимые энергетические и спектральные соотношения между скрываемым сигналом и активной помехой (случай активной маскировки).

При проведении измерений уровней СППМ скрываемого сигнала с помощью имеющейся штатной аппаратуры можно рекомендовать следующие способы технического контроля:

- инструментально-расчетный,
- эквивалентного генератора,
- непосредственных измерений.

Сущность первого метода заключается в следующем. По каждому из выявленных направлений, в которых вероятность обнаружения скрываемого сигнала является наибольшей, определяется предельная дальность приема скрываемых сигналов штатным приемником контроля при отношении сигнал/шум, равном 1.

По полученным данным производится расчет уровня СППМ скрываемого сигнала на границе охраняемой территории по формулам:

$$\Pi_{\text{пред}} = \frac{P_{\text{нр}}}{S_A \cdot \Delta F} \cdot \left(\frac{d}{r} \right)^2 \quad \text{или}$$

$$\Pi_{\text{пред}} = \frac{10^{-12} \cdot U_{\text{нр}}^2}{120\pi \cdot h_A^2 \cdot \Delta F} \cdot \left(\frac{d}{r} \right)^2,$$

где $P_{\text{нр}}$ [Вт];

$U_{\text{нр}}$ [мкВ] - предельная чувствительность приемника контроля по входу;

S_A [m^2] - эффективная площадь антенны;

h_A [м] - действительная высота антенны;

d [м] - предельная дальность приема скрываемого сигнала

(для соотношения с/ш=1);

r [м] - расстояние от источника скрываемого сигнала до границы охраняемой территории,

$$\Delta F_{\text{нр}} \quad \text{при } \Delta F_C > \Delta F_{\text{нр}}$$

$$\Delta F = \Delta F_C \quad \Delta F_o < \Delta F_C < \Delta F_{\text{нр}}$$

$$\Delta F_o \quad \Delta F_C < \Delta F_o$$

$\Delta F_{np} [\text{мГц}]$ - полоса пропускания приемника контроля,

$\Delta F_c [\text{мГц}]$ - ширина спектра скрываемого сигнала,

$\Delta F_o [\text{мГц}] = 0,01; 0,1; 1,0$ и 10 для частот соответственно до 0,3; 2,0; 10 и 40 гГц.

Полученные данные по СППМ сравниваются с нормативным показателем и делается соответствующий вывод о надежности или недостаточности принятых мер защиты.

Недостатком данного метода является наличие ошибок при оценке уровней СППМ, обусловленных, во-первых, неточностью определения исходных данных, закладываемых в расчет; во-вторых, наличием местных предметов, которые нарушают обратно квадратичную зависимость убывания плотности потока мощности сигнала с расстоянием.

В связи с этим данный метод может быть рекомендован для применения в тех случаях, когда вдоль разведопасных направлений отсутствуют местные предметы или их влиянием можно пренебречь. Кроме того, он может быть рекомендован и в тех случаях, когда предварительно проведена экспериментальная оценка влияния местных предметов на распространение электромагнитного излучения для выбранных направлений и полученные данные можно учесть при проведении контроля.

Для измерения уровня СППМ скрываемого сигнала с учетом реального закона распространения электромагнитного излучения (учет влияния местных предметов) рекомендуется способ эквивалентного генератора. В этом случае с помощью приемника контроля вдоль выбранного направления определяется расстояние «d», для которого отношение с/ш=1. Затем в непосредственной близости от скрываемого РЭС размещается генератор стандартных сигналов (ГСС), нагруженный на произвольную антенну и настроенный на разрешенную частоту, близкую к частоте излучения скрываемого сигнала. С помощью аттенюатора уровень мощности выходного сигнала ГСС устанавливается таким образом, чтобы отношение с/ш=1 на расстоянии «d». После этого считаются показания аттенюатора в дБ ‘Д1’. Далее приемник контроля размещается на границе охраняемой территории в выбранном направлении и уровень мощности выходного сигнала ГСС повышается до тех пор, пока не будет получено отношение с/ш=1.

После этого считаются показания аттенюатора ‘Д2’. Разность показаний будут определять величину ‘N’, которая показывает на сколько дБ уменьшится уровень скрываемого сигнала при его распространении до границы охраняемой территории.

Уровень СППМ на границе охраняемой территории в этом случае определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{пред}} = \frac{P_{\text{пп}}}{S_A \cdot \Delta F} \cdot 10^{-0,1(\Delta_1[\text{дБ}] - \Delta_2[\text{дБ}])} \text{ или}$$

$$\Pi_{\text{пред}} = \frac{10^{-12} \cdot U_{\text{пп}}^2}{120\pi h_A^2 \Delta F} \cdot 10^{-0,05(\Delta_1[\text{дБ}] - \Delta_2[\text{дБ}])}$$

Достоинство данного метода - это его высокая точность, так как в этом случае учитывается реальный закон распространения электромагнитного излучения в выбранном направлении. Однако измерения более трудоемки, поэтому данный метод целесообразно применять для уточнения результатов, полученных экспериментально-расчетным методом в том случае, когда значение СППМ на границе охраняемой территории близко к предельно допустимому значению.

Третий метод технического контроля заключается в непосредственном измерении остаточного сигнала на границе охраняемой территории при использовании контрольной аппаратуры, с чувствительностью, соответствующей установленным нормативным показателям.

При контроле эффективности системы активной радиомаскировки (АРМ) с использованием шумовых помех наряду с измерением уровня энергий скрываемых сигналов измеряются уровни активных радиопомех, а также определяются спектральные соотношения между скрываемыми сигналами и помехами.

При контроле АРМ необходимо основное внимание уделять вопросам выявления дополнительных демаскирующих признаков, а также проверке соответствия технических приемов и критериев, положенных в основу системы АРМ, конкретным решаемым задачам и условиям применения.

Опыт технического контроля показывает, что это наиболее слабые звенья в системе АРМ. Часто причиной низкой эффективности АРМ являются ошибочные мнения, что с помощью активных методов можно легко решить задачу защиты РЭС от технической разведки. В реальных условиях это не всегда так, ибо существуют достаточно большое количество дополнительных демаскирующих признаков, по которым можно раскрыть систему маскировки и тем самым снизить ее эффективность. К числу таких признаков относятся: внеполосные излучение, различия в поляризационных характеристиках сигналов и помех, различия в энергетических соотношениях, различия в пространственном распределении электромагнитной энергии и т.д.

20.3. Контроль эффективности принятых мер защиты от инфракрасной разведки (ИКР)

Возможны три метода технического контроля (ТК) эффективности мер защиты объектов от ИКР: расчетный, инструментально-расчетный, инструментальный.

Первые два метода ТК при оценке эффективности защиты объектов от ИКР являются весьма приближенными и поэтому неэффективны.

Инструментальный метод в случае использования тепловизионных средств контроля заключается в прямой имитации процессов разведки. Поэтому результаты ТК данным методом подлежат последующей обработке дешифровщиками с целью распознавания скрываемых объектов.

Основным способом ТК оценки эффективности мер защиты от ИКР являются наземные контрольные измерения с помощью тепловизоров, проводимые за границей охраняемой территории в наиболее опасных с точки зрения разведки направлениях. Контрольные тепловизионные измерения могут производиться так же с борта самолета или судна.

Условием правильности контрольных измерений является получение результатов с линейной разрешающей способностью, соответствующей линейному разрешению в плоскости объекта для тепловизионных средств, космической, воздушной, морской и наземными разведками. Это условие может быть выполнено путем выбора:

- соответствующего масштаба измерений (выбор дистанции измерений и объектива с определенным фокусным расстоянием и разрешающей способностью) при наземных измерениях;
- самолетной тепловизионной аппаратуры с характеристиками не хуже характеристик соответствующей аппаратуре ИКР;
- самолетной тепловизионной аппаратуры, имитирующей результаты измерений из космоса.

Контрольные измерения должны производиться в диапазонах, соответствующих окнам прозрачности атмосферы: 3,0-4,2; 4,5-5,2; и 8-14 мкм с последующим выбором того диапазона, который соответствует лучшим результатом по контрасту объекта с фоном.

Методика проведения инструментального ТК состоит в следующем:

1. Определяются наиболее опасные направления, с которых возможно ведение ИКР (угол визирования α_k и азимут A_k) и дальность D_1 между защищаемым объектом и средством ИКР.
2. Далее для каждого направления (α_k и A_k) определяется дальность контрольных измерений D_k по формуле:

$$Dk = \frac{\omega_i}{\omega_k} \cdot Di$$

где ω_i – мгновенный угол зрения средства ИКР,
 ω_k – мгновенный угол зрения средства контроля.

3. Измерения выполняются для каждого из выбранных направлений в дневное и ночное время.
4. Результаты всех измерений, полученных с различных направлений, передаются для анализа (декодирования) нескольким экспертам. Каждый эксперт в результате анализа измерений дает свое заключение о возможности или невозможности распознавания объекта.
5. Результаты работы всех экспертов по оценке возможности распознавания объекта по данным контрольных измерений обобщаются с использованием формулы:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{j=1}^N (1 - r_{ij})}{N},$$

где \bar{P}_i – вероятность нераспознавания i -го объекта;
 r_{ij} – частота распознавания объекта по “ i ” измерениям экспертом j ;
 N – кол-во экспериментов.

6. Оценка защиты объектов от ИКР производится путем сравнения рассчитанной вероятности \bar{P}_i нераспознавания объекта с заданным (нормативным) значением P_{zi}
- $\bar{P}_i \geq P_{zi}$ – защита эффективна,
 $\bar{P}_i < P_{zi}$ – защита неэффективна.

Указанная методика оценки эффективности реализованных мер защиты может быть рекомендована с некоторыми доработками и для случая скрытия объектов от средств фотографической, лазерной и телевизионной разведки.

**Перечень
рекомендуемых мероприятий по организации защиты
закрытой информации на предприятиях**

1. Организационные мероприятия

1.1. Создать в структуре предприятия подразделение по защите информации (назначить штатного специалиста по защите информации).

Разработать Положение о подразделении по защите информации, должностные инструкции сотрудников.

1.2. Назначить должностных лиц, ответственных за обеспечение защиты информации на объектах и в подразделениях предприятия.

1.3. Определить обязанности и права должностных лиц подразделений объекта, ответственных за разработку, обеспечения выполнения мероприятий по защите информации на объекте с соответствующими подразделениями данного объекта.

1.4. Определить подразделения или должностных лиц, ответственных за аттестование рабочих мест, стендов, вычислительных комплексов, выделенных помещений и т.д., установить форму документирования результатов аттестования и порядок выдачи разрешения на проведение работ с секретной информацией, а также порядок и периодичность переаттестования.

1.5. Провести категорирование объектов информатики по степени секретности информации, циркулирующей в них.

Организовать аттестацию объектов информатики по требованиям безопасности информации.

Провести аттестование помещений, используемых в качестве выделенных.

Перечень выделенных помещений предприятия утвердить приказом директора.

На каждое помещение оформить аттестационный паспорт.

1.6. Провести сертификацию средств защиты информации, организовать контроль их эффективности.

1.7. Разработать план финансирования мероприятий по защите информации на предприятии.

1.8. Определить исполнителей работ по защите информации.

1.9. Организовать обучение сотрудников по вопросам защиты информации.

1.10. Определить порядок взаимодействия в области защиты информации с предприятиями (организациями, учреждениями) при выполнении совместных работ , применяемые совместные организационные и технические мероприятия по защите информации, ответственность, права и обязанности взаимодействующих сторон, а также разработать структурную схему взаимодействия.

2. Методические мероприятия

2.1. Разработать Руководство по защите информации от технических разведок и от ее утечки по техническим каналам на предприятии в соответствии с требованиями руководящих документов.

2.1.1. Разработать общие требования по защите информации на объекте с учетом его категории.

2.1.2. Определить цель, которая должна быть достигнута в результате проведения мероприятий по защите информации, и пути достижения этой цели. Разработать перечень охраняемых сведений об объекте и его деятельности (без указания конкретных числовых параметров).

2.1.3. Определить демаскирующие признаки, которые раскрывают охраняемые сведения об объекте, в том числе демаскирующие признаки, возникающие в связи с использованием средств обеспечения его деятельности. Установить возможные технические каналы утечки охраняемых сведений об объекте, включая каналы утечки информации в технических средствах ее обработки.

2.1.4. Составить перечень видов, средств и возможностей технической разведки, источников угроз несанкционированного доступа к информации, опасных для объекта, в том числе со стороны преступных группировок:

- по обнаружению (определению) демаскирующих признаков объекта, раскрывающих охраняемые сведения ;
- по перехвату информации, циркулирующей в технических средствах ее обработки;
- по получению, разрушению, искажению, или блокированию информации в результате несанкционированного доступа к ней.

2.1.5. Определить требования к содержанию планов мероприятий по защите информации, порядок разработки, согласования, утверждения и оформления планов, установить порядок отчетности и контроля за выполнением планов.

2.1.6. Определить порядок контроля состояния защиты информации, перечень органов и подразделений, имеющих право проверки состояния защиты информации на объекте, привлекаемые силы и средства контроля.

Установить периодичность и виды контроля, порядок оформления результатов контроля, определить действия должностных лиц по устранению

нарушений норм и требований по защите информации и порядок разработки мероприятий по устранению указанных нарушений.

2.2. Определить внутриобъектовую схему оповещения и действия должностных лиц при оповещении.

2.3. Разработать :

- таблицы, схемы, графики, расчеты, исходные данные и другие справочные материалы для оценки обстановки, определения мероприятий по защите информации;
- перечень создаваемой продукции, подлежащей защите;
- перечень сведений, подлежащих защите;
- план объекта с указанием схем размещения рабочих мест, стендов и т. д. и схем организации и сигнализации объекта;
- структуру системы защиты информации на объекте.

2.4. Разработать инструкции, регламентирующие:

- обязанности и права должностных лиц и исполнителей по защите информации на предприятии;
- организацию доступа пользователей к закрепленным средствам вычислительной техники в рабочее время;
- организацию сдачи закрепленных средств вычислительной техники под охрану установленным порядком;
- порядок стирания информации с закрепленных магнитных носителей общего пользования;
- порядок учета, хранения и обращения со средствами программного и информационного обеспечения на средствах вычислительной техники предприятия, с магнитными носителями информации ограниченного доступа и др.

2.5. Провести оценку достаточности и эффективности принимаемых мер и средств защиты информации. Разработать документы, регламентирующие порядок взаимодействия предприятия с соответствующими службами.

2.6. Разработать документы, регламентирующие порядок обмена информацией со сторонними организациями, на основе договоров, содержащих раздел, определяющий ответственность, права и обязанности взаимодействующих сторон в области защиты государственной, служебной или коммерческой тайны.

3. Технические мероприятия

3.1. Обеспечить устранение или ослабление (искажение) демаскирующих признаков и закрытие возможных технических каналов утечки охраняемой информации, осуществить мероприятия по защите информации при постоянном контролируемом и неконтролируемом нахождении иностранных граждан как на территории объекта, так и в непосредственной близости от него, а также мероприятия по защите информации в системах и средствах информации и связи.

3.2. Провести мероприятия по закупке и установке сертифицированных технических средств и устройств защиты, строительству (реконструкции) защитных сооружений и помещений объекта.

3.3. Оборудовать помещения, предназначенные для обработки информации, содержащей государственную тайну, по требованиям режима секретности.

3.4. Провести государственную аттестацию созданной на предприятии системы защиты информации по требованиям безопасности информации.

Библиографический список

Раздел I

1. Маскировка, ч. I. Основы и техника маскировки. М.: Воениздат, 1971.
2. Кучко А.С. Аэрофотография и специальные фотографические системы. М.: Недра, 1988.
3. Лаврова Н.П. Космическая фотосъемка: Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1983.
4. Технические средства разведки / Под ред. В.И. Мухина. М.: РСВН, 1992.
5. Павлов И.М., Якобсон Н.Т. Аэрофотография. М.: Недра, 1983.
6. Хадсон Р. Инфракрасные системы. М.: Мир, 1983.
7. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. М.: Сов. радио, 1979.
8. Ллойд Дж. Системы тепловидения. М.: МИР, 1978.
9. Зарубежные космические комплексы и системы. Реф. сб. ВИНТИ. М.:1990, №1, 28с.
10. Ракетная и космическая техника. М.: ГОНТИ, 1990, №14
11. Джессифери Т. Ричардсон. Будущее космической разведки. В мире науки, 1991, №3, 6-15.
12. Радов А. Спутники видовой разведки. Авиация и космонавтика, 1989, №3, 46-47.

13. Aviation Week and Space Technology. 1989, v.131, №7.
14. Мещеряков И.В. Введение в космонавтику. М.: ВА им. Ф.Э. Дзержинского, 1993, 284.
15. Зарубежное военное обозрение, 1990, №3; 1993, №7, 9, 12.
16. Зарубежное военное обозрение, 1994, №6; 1995, №2, 3.
17. Зарубежное военное обозрение, 1990, №3; 1991, №4.
18. Зарубежное военное обозрение, 1992, №6; 1994, 12.
19. Зарубежное военное обозрение, 1988, №7; 1994, №8; 1995, №5.
20. Зарубежное военное обозрение, 1988, №7; 1992, №8; 1995, №7.
21. Зарубежное военное обозрение, 1989, №12; 1992, №2; 1993, №3.
22. Зарубежное военное обозрение, 1996, №11; 1997, №1-7.
23. Зарубежное военное обозрение, 1986, №6; 1993, №8.
24. Зарубежное военное обозрение, 1995, №1; 1998, №7.
25. Зарубежное военное обозрение, 1989, №5, 9; 1995, №7.
26. Зарубежное военное обозрение, 1990, № 7,8,10,12.
27. Г. Ван Тирис. Теория обнаружения, оценок и модуляции. М.: Сов. радио, 1977, т. III.
28. Сосулин Ю.Т. Оптимальное обнаружение сигналов. М.: МАИ, 1978.
29. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Сов. радио, 1978.
30. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания статистических сигналов. М.: Сов. радио, 1978.
31. Уайт Р.Ж. Электромагнитная совместимость РЭС и непреднамеренные помехи. М.: Связь, 1977.
32. Комарович В.Ф., Сосунов В.Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. М.: Связь, 1977.
33. Dean Charles E. Proc. of the JRE, 1960, p. 1035-1049.
34. Лютов С.А. Индустриальные помехи радиоприему и борьба с ними. М.: Госэнергоиздат, 1952.
35. Recommendation 240-2 Signal-to-interference protection ratios // CCJR, 1974, v. 3, p. 25-28.
36. Материалы МККР / Доклад 358-2. - CCJR, 1974, v.8, p.30-38.
37. Абергауз Г.Г. и др. Справочник по вероятностным расчетам. М.: Воениздат, 1970.
38. Батурина Ю., Модестов С. Виртуальная разведка // Независимое военное обозрение, №37, 2 октября 1998 г.
39. Тайян Э. Безопасность компьютера. Минск: Попури, 1997, с. 189-221.
40. Абалмазов Э.И. Методы и инженерно-технические средства противодействия информационным угрозам. М.: "Тротек", 1997, с. 24.

Раздел II

1. Инженерный справочник по космической технике. М.: Воениздат, 1969.
2. Proceedings of the JEE, 1969, v.59. №4, p.288-322.
3. Фейгельсон Е.М. Радиационные процессы в слоистообразных облаках. М.: Изд. АН СССР, 1964.
4. Малкевич М.С. Оптические исследования атмосферы со спутников. М.: Изд. АН СССР, 1973.
5. Лазарев Л.П. Инфракрасные и световые приборы. М.: Машиностроение, 1970.

6. Хадсон Р. ИК системы. М.: МИР, 1972.
7. Сафонов Ю.П., Эльман Ф.И. ИК распознающие устройства. М.: Воениздат, 1976.
8. Джеминсон Дж. Э. Физика и техника инфракрасного излучения. М.: Сов. радио, 1965.
9. Вопросы ракетной техники. 1969, №4, 4-24.
10. Рейтov A.P. и др. Радиолокационные станции бокового обзора. М.: Сов. радио, 1979, 360с.
11. Клочко А.Ю. Радиолокационные станции бокового обзора и возможность их применения. // Зарубежное военное обозрение. 1978, №12, 62-69.
12. Комаров А.А. и др. Радиолокационные станции воздушной разведки. М.: Военное издательство, МО, 1983.
13. Дрожжин А.И. Примеры ведения воздушной разведки // Зарубежное военное обозрение. 1977, №2, 57-63.
14. Справочник по гидроакустике. Л.: Судостроение, 1982.
15. Сташкевич А.П. Акустика моря. Л.: Судостроение, 1966.
16. Урик Р.Д. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1978.
17. Физические основы гидроакустики. М.: Сов. радио, 1965.
18. Шишков Е.В. Физические основы промысловой гидроакустики. Пищевая промышленность, 1974.
19. Акустика океана (Под редакцией Бреховских Л.М.) М.: Наука, 1974.
20. Wenz Gourdon, Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources, YASA, 1962, v.34, №12.
21. Knudsen, Alford and Emling / Underwater Ambient Noise, Journal of Marine Research, 1948, v.34, №12.
22. Хорев А.А. Технические средства и способы промышленного шпионажа. М.: 1997.
23. Горицкий А.Б. Приборы радиационной и химической разведки. М.: Изд. ДОСААФ, 1969.
24. Матвеев В.В., Хазанов Б.И. Приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1972.
25. Живичин А.Н., Соколов В.С. Дешифрирование фотографических изображений. М.: Наука, 1980.
26. Маскировка, ч. I. Основы и техника маскировки. М.: Воениздат, 1971.
27. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков. М.: Недра, 1983.
28. Ефимов Ю.К. Методическое пособие к эскизному проекту – Маскировка специальных объектов, 1969.
29. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. Учебник. М.: МГИФИ (Технический университет), 1997, 537.
30. Фаворский О.Н., Каданер Я.С. Вопросы теплообмена в космосе. М.: Высшая школа, 1967.

Раздел III

1. Основы и техника маскировки М.: Воениздат, 1971.
2. Ефимов Ю.К. Методическое пособие к эскизному проекту – Маскировка специальных объектов, 1969.
3. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. М.: Воениздат, 1981.

4. Сборник статей. Основы радиотехнической маскировки РЭС. М.: Воениздат, 1975.
5. Мацуленко В.А. Оперативная маскировка войск. М.: Воениздат, 1975.
6. Дробленков В.Ф., Герасимов В.Н. Угроза из глубины. М.: Военное издательство МО, 1966, 291-293.
7. Space Aeropautics, 1966, v.46, №1, p. 52-56.
8. Простаков А.Л. и др. Гидроакустические средства флота. М.: Военное издательство, 1971.
9. Простаков А.Л. и др. Электронный ключ к океану. М.: Военное издательство, 1978.
10. Гомзиков Э.А., Изак Г.Д. Проектирование противошумового комплекса судов. Л.: Судостроение, 1981.
11. «Шпионские штучки» и устройства для защиты объектов и информации (Справочное пособие). Спб., 1996.
12. Мафтик С. Механизмы защиты в сетях ЭВМ. М.: МИР, 1993.
13. Ковалевский В. Криптографические методы // Компьютер Пресс. № 5. 1993.
14. Водолазкий В. Стандарт шифрования ДЕС // Монитор. № 3-4. 1992.
15. Воробьев С. Защита информации в персональных ЭВМ. М.: МИР, 1993.
16. Степанов Ю.Г. Противорадиолокационная маскировка. М.: Сов. радио, 1968.
17. Торокин А.А. Основы инженерно-технической защиты информации. М.: "Ось", 1998, 336 с.
18. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. Учебник. М.: МГИФИ (Технический университет), 1997, 537.
19. Минин Б.А. СВЧ и безопасность человека. М.: Сов. радио, 1974.
20. Карлов Л.Б., Шишкин Е.Н. Гидроакустика в военном деле. М.: Воениздат, 1963.
21. Гордеев. Маскировка в боевых действиях флота. М.: Воениздат, 1971.
22. Гомзиков Э.А., Изак Т.Д. Проектирование противошумового комплекса судов. Л.: Судостроение, 1982.
23. Бобнев М.П. и др. Основы теории радиоэлектронной борьбы. М.: Воениздат, 1987.
24. Мухин В.И. Основы маскировки объектов. М.: МО СССР, 1989.
25. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и непреднамеренные помехи. Вып. 2. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения. Пер. с англ. М.: Сов. радио, 1978.
26. Компьютер, №4, 1990.

