

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

А.В. Бабурин А.С. Пахомова

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2015

УДК 004.056

Бабурин А. В. Физические основы защиты информации: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (5,34 Мб) / А. В. Бабурин, А. С. Пахомова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; Adobe Reader; 1024x768; CD-ROM; мышь. – Загл. с экрана.

В настоящем пособии рассмотрены цели, задачи, а также организация технической разведки. Представлены общие характеристики видов технических разведок и методические рекомендации по защите информации от них.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальностям 090301 «Компьютерная безопасность», 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», 090303 «Информационная безопасность автоматизированных систем» дисциплине «Физические основы защиты информации».

Табл. 26. Ил. 125. Библиогр.: 15 назв.

Рецензенты: ОАО «Концерн «Созвездие»
(канд. техн. наук, ведущий науч. сотрудник О. В. Поздышева);
д-р техн. наук, проф. А. Г. Остапенко

© Бабурин А. В., Пахомова А. С., 2015
© Оформление. ФГБОУ ВПО
«Воронежский государственный
технический университет», 2015

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем пособии рассмотрены цели, задачи, а также особенности организации технической разведки. Представлены общие характеристики видов технических разведок и методические рекомендации по защите информации от них.

Технические разведки используются всеми ведущими государствами для получения информации в интересах обеспечения военно-политического руководства своих стран. В последние годы технические разведки все в большей степени используются не только в интересах военно-политического руководства, но и в интересах крупного бизнеса.

Применение технических средств дает возможность преодолеть ряд препятствий в получении данных о зарубежных странах и избежать рисков, связанных с агентурной разведкой.

Технические средства применяются из космического, воздушного, морского и наземного пространств. Для регистрации данных используются все известные физические принципы действия измерительной и регистрирующей аппаратуры.

Для изучения принципов технических разведок необходимо обладать техническими знаниями в достаточно широкой области, включающей основы электротехники и электроники, информатики и вычислительной техники, и дополнить их знаниями сетевых технологий, техники электрической связи и других.

Информация о технических характеристиках средств разведки заимствована из открытых источников, в основном из сети Интернет.

Данное пособие ориентированно на студентов специальностей 090301 «Компьютерная безопасность», 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», 090303 «Информационная безопасность автоматизированных систем», изучающих дисциплину «Физические основы защиты информации».

1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

1.1. Происхождение технической разведки

С самого начала жизни на Земле и животные, и человек использовали свои органы чувств для получения данных на расстоянии для обеспечения своего выживания – для поиска пищи, нахождения убежища, обнаружения опасности (особенно в военный период). Со временем люди освоили методы и создали технологии для улучшения природой данных возможностей по сбору данных.

Чем больше развивалась техника, тем лучше и сложнее становились методы и средства ведения разведки. С изобретением новых видов техники люди смогли собирать, записывать и распространять более точные и полные данные об объектах независимо от человеческих органов чувств и памяти.

В начале 20 века успехи в развитии фотографии и изобретение авиации открыли новые возможности ведения разведки с воздуха. С развитием технологий люди стали использовать все большую часть электромагнитного спектра и другие физические явления.

Органы чувств (органы восприятия и обработки внешней информации) были дополнены аппаратурой, которая обеспечивает замену способностей человека:

- слух – акустической аппаратурой;
- зрение – видовой аппаратурой;
- обоняние, вкус – химической аппаратурой;
- осязание – локационной аппаратурой;
- мыслительный процесс – средствами вычислительной

техники.

Дополнительно к аналогам органов чувств была создана аппаратура, регистрирующая физические явления, не доступные для восприятия органами чувств человека: радиоаппаратура.

Развитие технических средств разведки шло по пути улучшения чувствительности и информативности аппаратуры,

что позволило регистрировать излучения таких уровней, которые не могут быть восприняты человеком, а также по пути создания носителей разведаппаратуры, которые могут доставлять ее в места, наиболее удобные для получения разведанных, ранее не доступные для нахождения человека (космос, воздух, подводное пространство).

Дальность ведения разведки стала достаточной для ведения разведки из-за рубежа.

Новая история технической разведки берет свое начало с послевоенных лет, когда США взяли курс на мировое господство (рис. 1.1).



Июль 26, 1947

Президент Трумен подписал Закон о национальной безопасности, согласно которому ВВС США получили статус самостоятельного органа и были созданы ЦРУ (Central Intelligence Service). Совет национальной безопасности и Минобороны США

Рис. 1.1. Президент Трумен

Холодная война создала проблемы ведения разведки для США, так как не только территория СССР и стран Варшавского договора, но и каналы обмена информацией через личные связи были жестко ограничены. Главным противником США был Советский Союз, который победив во Второй мировой войне, был сразу же втянут в Холодную войну.

Пока в Европе шла война, американцы воспользовались тем, что туда эмигрировали ведущие ученые-физики, создали атомное оружие. Однако, среди разработчиков атомного оружия нашлись люди, которые осознали опасность того, что такое мощное средство уничтожения будет находиться в одних руках. Они по собственной инициативе передали сведения о разработках в Советский Союз, где на основе налаженного

канала получения разведывательных данных ускоренными темпами началась разработка атомного оружия.

Американцы узнали о разработке атомной бомбы в СССР по факту ее испытаний, когда аппаратура самолетов-разведчиков зафиксировала повышенный уровень радиации.

Для получения информации о Советском Союзе с его обширной территорией, недостижимой из-за границ, США сначала применяли военные самолеты типа RB-47E, базированные вдоль границ, а также наземные станции радиоперехвата. Эти средства не обеспечивали получения нужной информации.

США некоторое время использовали специально созданный самолет U-2 для полетов над территорией СССР (рис. 1.2, 1.3), но 1 мая 1960 год этот самолет был сбит, а США к этому времени создали принципиально новые средства ведения разведки – космические.



Ноябрь 24, 1954

Президент Эйзенхауэр утвердил концепцию создания специального самолета-разведчика U-2 и определил ЦРУ как его оператора

Рис. 1.2. Президент Эйзенхауэр



Май 1, 1960

Самолет U-2 Гарри Пауэrsa, осуществлявшего фотографическую разведку в глубине территории СССР, был сбит под Свердловском (ныне Екатеринбург)

Рис. 1.3. Гарри Пауэрс

Началась гонка развития космических средств разведки (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Вехи истории гонки использования космоса
в разведывательных целях

СССР	США
1957	
Запущена МБР Р-7. Запущен первый искусственный спутник Земли и создан прецедент «свободного использования космического пространства»	Техническими специалистами озвучена идея использования фотоаппарата с космического аппарата. Запущена МБР «Атлас»
1958	
	Выведен на орбиту первый национальный искусственный спутник Земли «Эксплорер 1» В разведывательном отчете (National Intelligence Estimate) сделан вывод о существенном отставании США от СССР в области ракетно-космической техники
1959	
В СССР произведен запуск спутника в направлении Луны	В США КА «Эксплорер 6» передал первое изображение Земли, полученное с использованием телевизионной сканирующей аппаратуры. Президент Эйзенхауэр утвердил программу создания КА РТР «Grab»

СССР	США
1960	
<p>В СССР сбит разведывательный самолет U-2.</p> <p>Впервые возвращены с околоземной орбиты животные и растения</p>	<p>Произведен запуск первого метеорологического спутника, который впоследствии использовался для обеспечения ведения фотографической разведки.</p> <p>Произведен неудачный запуск первого спутника предупреждения о ракетном нападении Midas II.</p> <p>Начаты работы по программе запуска КА фоторазведки Samos.</p> <p>Запущен первый КА детальной фоторазведки «Корона» (Corona) с камерой КН-2</p> <p>В США создано Управление воздушно-космической разведки (National Reconnaissance Office , NRO)</p>
1961	
<p>Выполнен первый пилотируемый космический полет (Юрием Гагариным)</p>	<p>Запущена трехступенчатая МБР Минитмэн на твердом топливе.</p> <p>Алан Шепард совершил первый в истории США пилотируемый полет без достижения околоземной орбиты.</p> <p>Произведен запуск КА фоторазведки с фотокамерой КН-3</p>

СССР	США
1962	
Запущен спутник фоторазведки «Космос 7», который находился на орбите в течение 10 дней и обеспечил получение качественных снимков	В США запущен первый КА РРТР «Grab». Джон Гленн совершил первый пилотируемый космический полет. Запущен первый опытный образец КА фоторазведки типа «Согона». Впервые возвратили с орбиты искусственно созданный предмет – американский флаг. Возвращена с орбиты первая капсула с фотоснимками. Первый сверхзвуковой разведывательный самолет (SR-71) совершил испытательный полет. Выполнен первый полет на самолете в стратосферу
1967	
Неудачно запущен первый КА РРТР «Космос-189»	
1968-1989	
СССР и США ведут постоянную космическую разведку. Увеличивается количество государств, запускающих КА (своими силами и с использованием чужих полигонов и закупленных КА)	
1989	
Берлинская стена разрушена	
1990	
	Самолет стратегической разведки SR-71 снят с вооружения

Американцы заявили, что в 1960 году произошла революция в разведке, которая обеспечила выигрыш в Холодной войне (рис. 1.4).

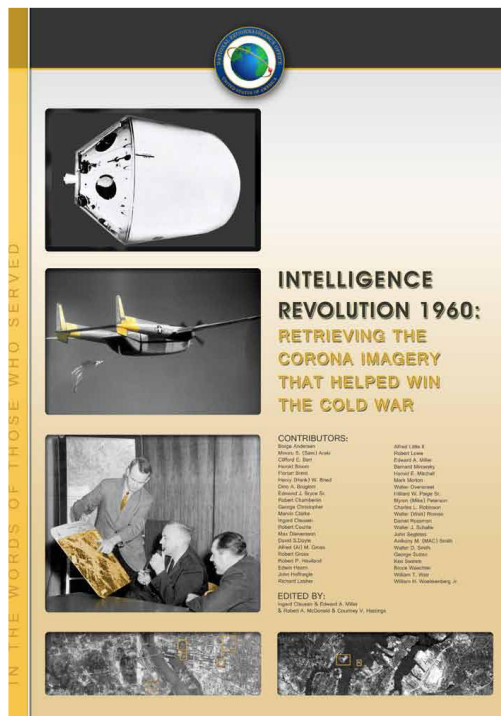


Рис. 1.4. Обложка юбилейного буклета, посвященного деятельности Управления Национальной разведки (NRO) Революция в разведке 1960: получение изображений космического аппарата «Корона», которые помогли выиграть в Холодной войне

1.2. Понятие технических разведок

Техническая разведка является одним из видов разведывательной деятельности.

В современных условиях ведение внешней разведки общепризнано и регламентируется внутренними законодательными актами о национальной безопасности [], в то время как международное законодательство по вопросам

ведения разведки государствами друг против друга отсутствует (за исключение некоторых частных случаев).

Несмотря на то, что сведения о внешней разведке относятся к наиболее строго охраняемому виду информации [], некоторые общие сведения об иностранных разведках в настоящее время раскрываются в законодательных и подзаконных актах, других официальных и неофициальных источниках, а также распространяется через открытые публикации на официальных сайтах зарубежных разведывательных органов и через иные информационные ресурсы. На рис. 1.5 приведены обложки официальных американских изданий о разведке.

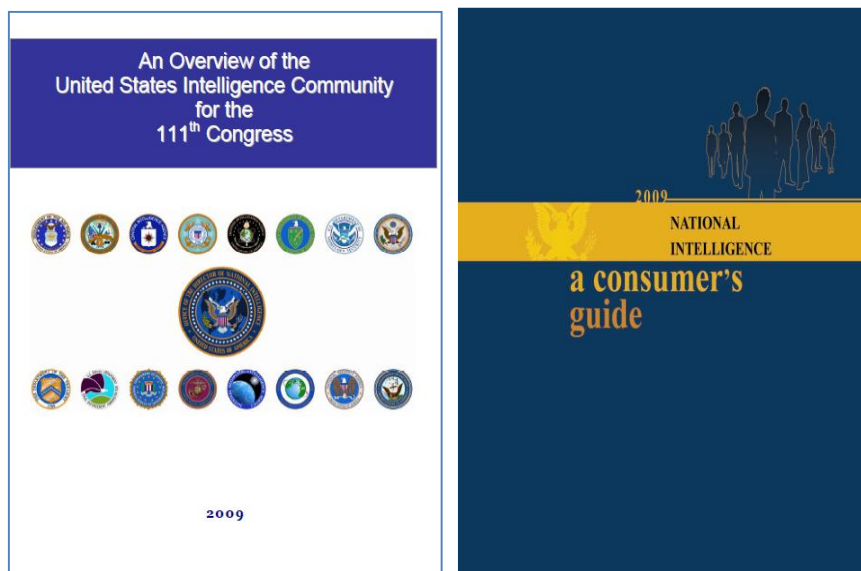


Рис. 1.5. Американские издания о разведке:
«Обзор Разведывательного сообщества США для 111 сессии
Конгресса», «Национальная разведка: руководство пользователя»

Одновременно с ведением внешней разведки против других государств все страны ведут контрразведку и имеют нормы права, предусматривающие наказание за шпионаж. В

России (ст. 276 Уголовного Кодекса) под шпионажем понимается *«передача, а равно собирание, похищение или хранение в целях передачи иностранному государству, иностранной организации или их представителям сведений, составляющих государственную тайну, а также передача или собирание по заданию иностранной разведки иных сведений для использования их в ущерб внешней безопасности Российской Федерации, если эти деяния совершены иностранным гражданином или лицом без гражданства»* (наказываются лишением свободы на срок от десяти до двадцати лет). По указанной статье к ответственности могут быть привлечены лица, осуществляющие указанные виды деятельности на территории России.

Службы контрразведки (в России – ФСБ) применяют организационные и технические меры, создающие препятствия для добывания разведывательной информации на территории России. Такие меры включают охрану границ государства, контроль действий иностранных граждан на территории России, защиту государственной тайны.

Противостояние систем внешней разведки и контрразведки, уходящее своими корнями в глубокое прошлое, и за длительный период обе противостоящие стороны (разведка и контрразведка) накапливают опыт обхода мер и способов противодействующей стороны и разрабатывают новые способы и средства получения преимуществ.

Для преодоления препятствий получения разведывательной информации посредством шпионажа с развитием техники все в большей степени используются технические средства, обеспечивающие ведение разведки дистанционно (в том числе из-за границы), что исключает или существенно затрудняет возможности контрразведывательных органов по защите информации, которая может быть раскрыта за счет ее утечки по техническим каналам. На определенном этапе развития технические разведки выделились в самостоятельные подсистемы общих систем внешней разведки.

Технические разведки (ТР) являются составными частями разведывательных систем большинства иностранных государств, осуществляющих внешнюю разведывательную деятельность (против других государств). Они представляют собой организационно-технические системы, предназначенные для добывания разведывательной информации на основе собирания разведывательных данных с помощью технических средств. Под ТР понимаются также действия, осуществляемые в процессе применения технических средств разведки (рис. 1.6).

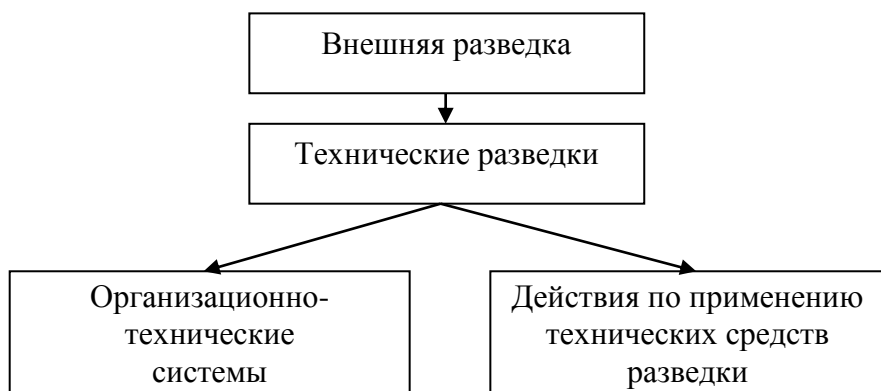
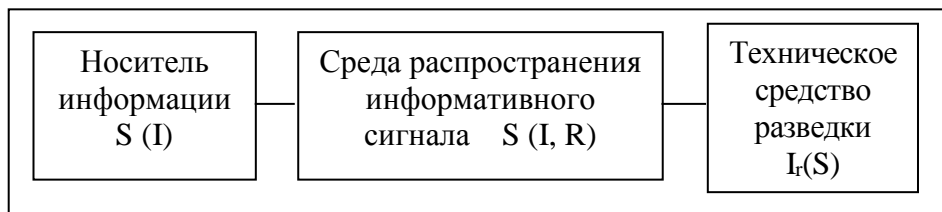


Рис. 1.6. Структура понятия «технические разведки»

Техническая разведка, в отличие от агентурной (которая основана на действиях людей, проникающих на объекты разведки или устанавливающих связи с людьми - источниками информации), использует технические каналы утечки информации.

Технический канал утечки информации – совокупность носителя информации (создающего информативный сигнал), физической среды распространения информативного сигнала и технического средства, которое используется для перехвата информативного сигнала (рис. 1.7).



- I – защищаемая информация;
- S (I) – информативный сигнал, раскрывающий защищаемую информацию, являющийся ее носителем;
- R – характеристики среды распространения информативного сигнала;
- S (I, R) - информативный сигнал, распространяющийся в среде;
- $I_r(S)$ – сигнал, принятый средством разведки

Рис. 1.7. Схема технического канала утечки информации

Носителями **информации** являются:

- физические поля (и связанные с ними информативные сигналы), создаваемые объектами защиты в физическом пространстве, параметры которых раскрывают защищаемую информацию;
- электронные документы (и связанное с ними смысловое содержание), создаваемые программными средствами в киберпространстве (образуемом средствами обработки и передачи данных).

Для регистрации информативных сигналов в ТР используются технические средства разведки (ТСР), представляющие собой совокупность разведывательной аппаратуры (РА) и ее носителей (рис. 1.8).

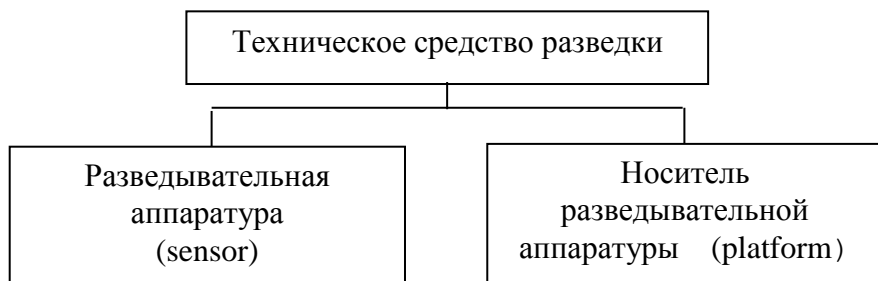


Рис. 1.8. Структура технического средства разведки

Разведывательная аппаратура предназначена для регистрации и измерения информативных сигналов, носители разведывательной аппаратуры – для доставки РА к месту ведения ТР.

Носителями *разведывательной аппаратуры* являются технические устройства, которые размещаются в физическом пространстве (участки земли, средства передвижения) и в виртуальном пространстве (компьютеры, сетевое оборудование).

Космическая, воздушная, морская и наземная ТР ведутся в физических пространствах. В каждом из этих пространств имеются физические границы, определяющие возможность размещения и перемещения в них носителей разведывательной аппаратуры.

Компьютерная ТР ведется в виртуальном пространстве (киберпространстве), техническими компонентами которого являются компьютеры и сетевое оборудование, которые «размещаются» в сетевом пространстве.

ТР ведется с использованием разведывательной аппаратуры следующего вида и назначения:

- технических средств наблюдения, которые предназначены для улучшения возможностей человека по восприятию данных о физических объектах (например, средства визуального наблюдения – бинокли, телескопы, средства аудирования - слуховые трубы);

- средств измерений, которые предназначены для измерения физических величин, в том числе не воспринимаемых органами чувств человека;

- электронных носителей программных средств, которые предназначены для определения логических значений характеристик электронных объектов (программ и данных).

По видам разведывательной аппаратуры ТР подразделяется на оптико-электронную, акустическую, радиотехническую и другие.

ТР направлена на получение разведывательных данных по возможности без нарушения границ охраняемых объектов, за счет использования физических возможностей получения объективных данных.

ТР ведется из-за границ суверенных государств и на их территории.

Использование технических средств исключает (из-за рубежа) или затрудняет (на территории государства) привлечение операторов технических средств разведки к ответственности по статье «шпионаж».

На территории суверенных государств помимо ТР ведется агентурная разведка (шпионаж), в том числе с использованием разведывательной аппаратуры («средств негласного съема информации»), в основном применяемой скрытно путем проникновения на охраняемую территорию, путем негласного использования разведывательной аппаратуры в местах, где их применение запрещено, и путем установки закладочных устройств на охраняемых объектах. ТР на территории суверенных государств, в отличие от агентурной разведки, может вестись из мест, где не запрещено применение технических средств. Кроме того, ТР на территории суверенных государств ведется с использованием программных средств, применяемых дистанционно с использованием возможностей сетевого взаимодействия ЭВМ (без осуществления несанкционированного доступа к ЭВМ лицами, законно пребывающими на охраняемой территории).

Цели и задачи технических разведок

Для ведения разведки иностранные государства создают специальные организации - разведывательные органы и службы, которые решают широкий круг задач. На рис. 1.9 приведена структура разведывательной продукции, разрабатываемой в интересах ведения военных операций США и их союзниками.

Цели ТР в общем случае состоят в добывании разведывательной информации в соответствии с запросами различных органов государственного управления. В целом цели ТР шире, чем обеспечение оборонных нужд. Разведка все в большей степени привлекается для решения задач информационного обеспечения управления в политической и экономической сферах. В наиболее общей формулировке цель разведок (включая ТР) – отражение изменений, происходящих в мире, для информационного обеспечения решений на различных уровнях управления государством.

«Мы находимся в динамично меняющейся глобальной обстановке, в которой масштабы и сложность изменений беспрецедентны. Это сетевой мир... Адаптация разведки к этим новым изменениям – наша главная проблема» («Взгляд в 2015 г.»)

В основе формулирования целей разведки на определенные периоды времени лежат законодательные акты и концептуальные документы, например, в США - «Стратегия национальной безопасности», «Стратегия национальной разведки», директивы по ведению разведывательной деятельности, которые представляют собой постоянно развивающуюся систему документов (рис. 1.10–1.13).

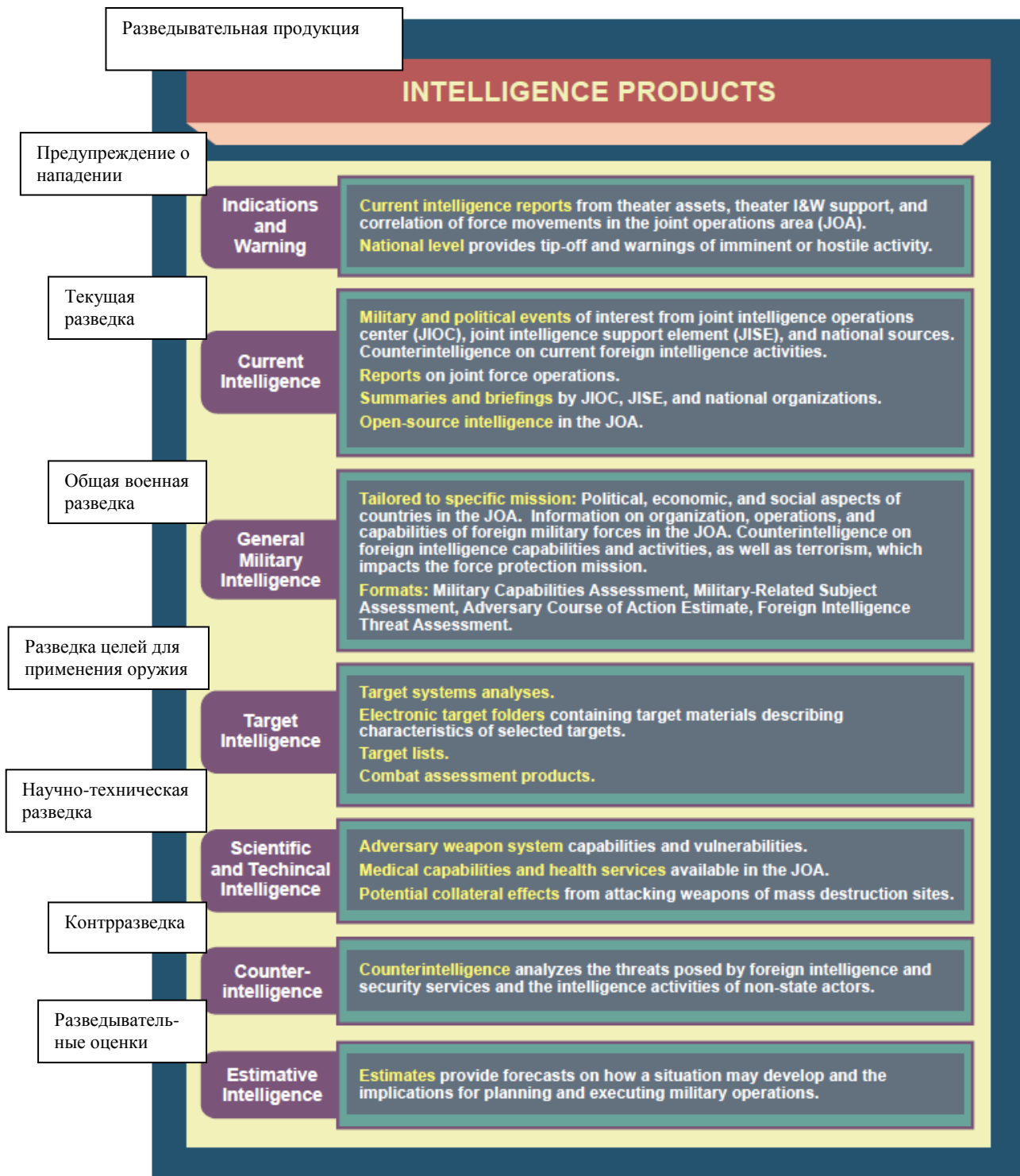


Рис. 1.9. Виды разведывательной продукции в интересах ведения военных операций США и их союзников

Цели Разведывательного сообщества США (2009 г.):

- 1) **Обеспечить проведение мудрой политики национальной безопасности** на основе постоянного мониторинга и оценивания безопасности международной обстановки, позволяющих предупреждать политических лидеров об угрозах и информировать их о создающихся возможностях. Для этого ведется стратегическая разведка, направленная на добывание данных о странах, регионах, действиях и о потенциальных последствиях принимаемых решений.
- 2) **Поддержать эффективность действий по обеспечению национальной безопасности.** Разведка должна обеспечивать действенной информацией дипломатические, военные и межведомственные организации, а также внутренние правоохранительные органы всех уровней. Иногда по указанию президента разведка должна проводить специальные тайные операции.
- 3) **Предоставлять сбалансированные и улучшенные возможности,** которые основываются на уникальных компетенциях отдельных организаций разведывательного сообщества и позволяют выполнять новые функции и реализовывать новые оперативные концепции. Обеспечить интеграцию. Возможностей, постоянно создавая условия для выполнения перспективных задач, одновременно эффективно решая текущие.
- 4) **Действовать как единая команда,** обеспечивающая реализацию всего спектра разведывательных возможностей по запросам потребителей от президента до воинского подразделения.

Рис. 1.10. Цели Разведывательного сообщества США (2009 г.)



Успех потребителей: Президента, Совета национальной безопасности, глав министерств и ведомств, председателя Комитета начальников штабов, командующих видами ВС, Конгресса, глав разведывательных ведомств



Рис. 1.11. Основные направления разведки США (2014 год)

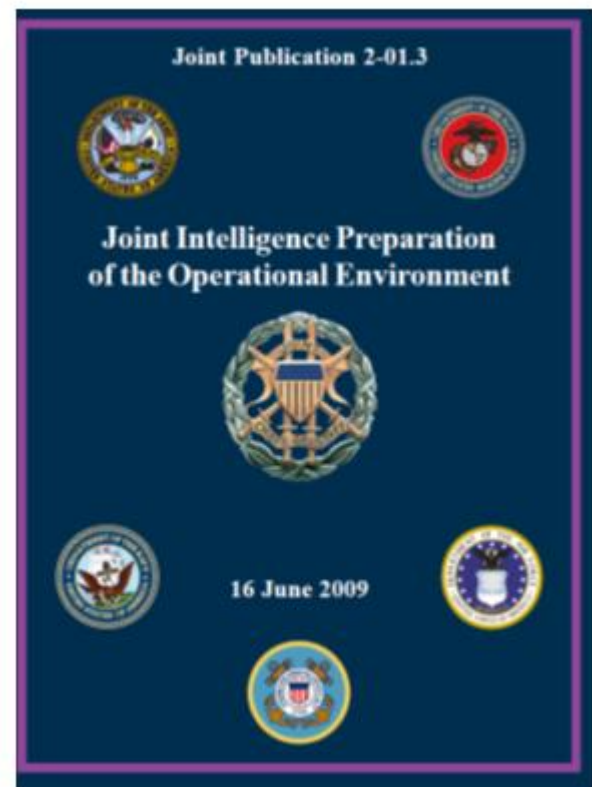
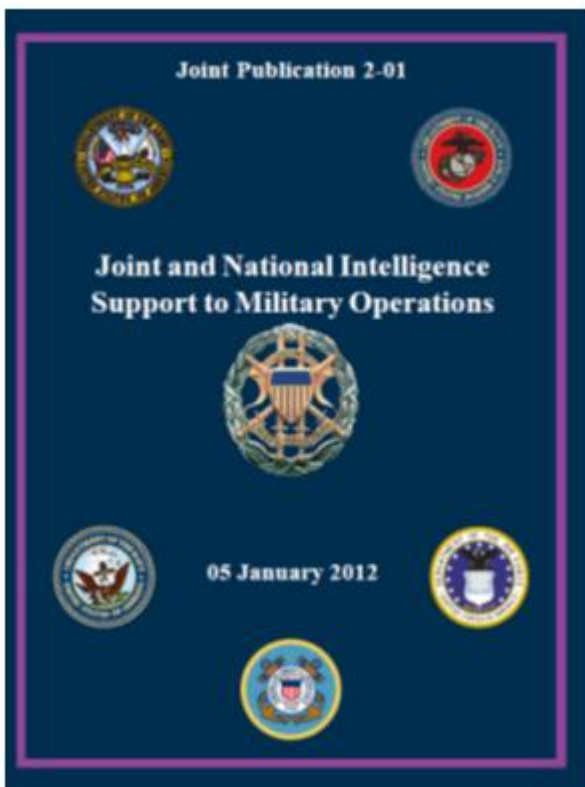
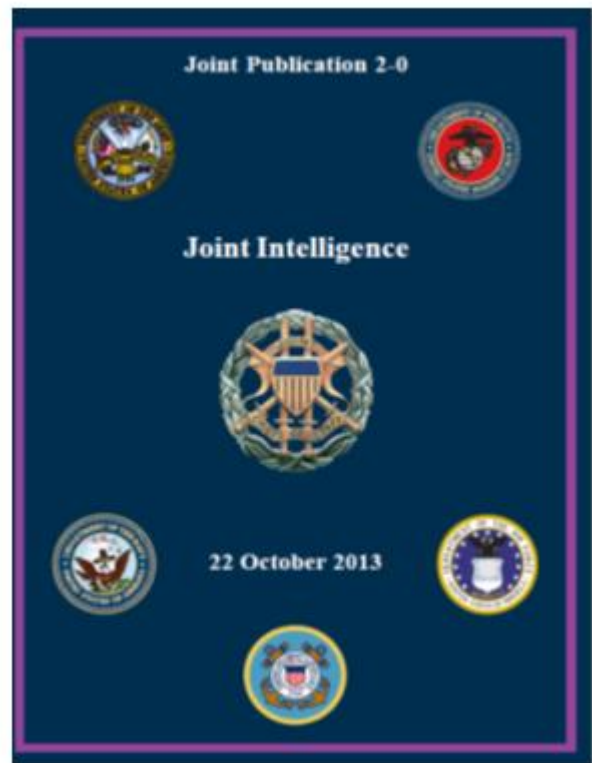
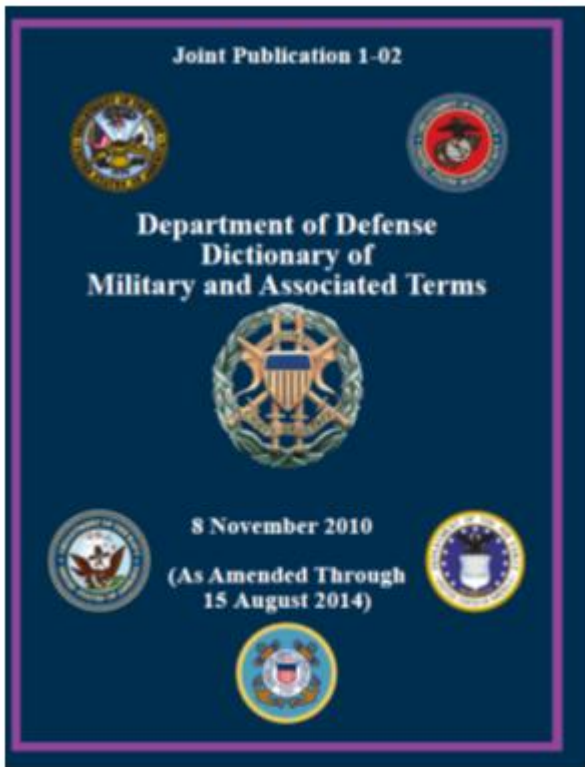


Рис. 1.12. Нормативные документы МО США: «Словарь военных и сопутствующих терминов», «Объединенная разведка», «Поддержка военных операций объединенной и национальной разведками», «Разведывательное обеспечение описания оперативной обстановки»

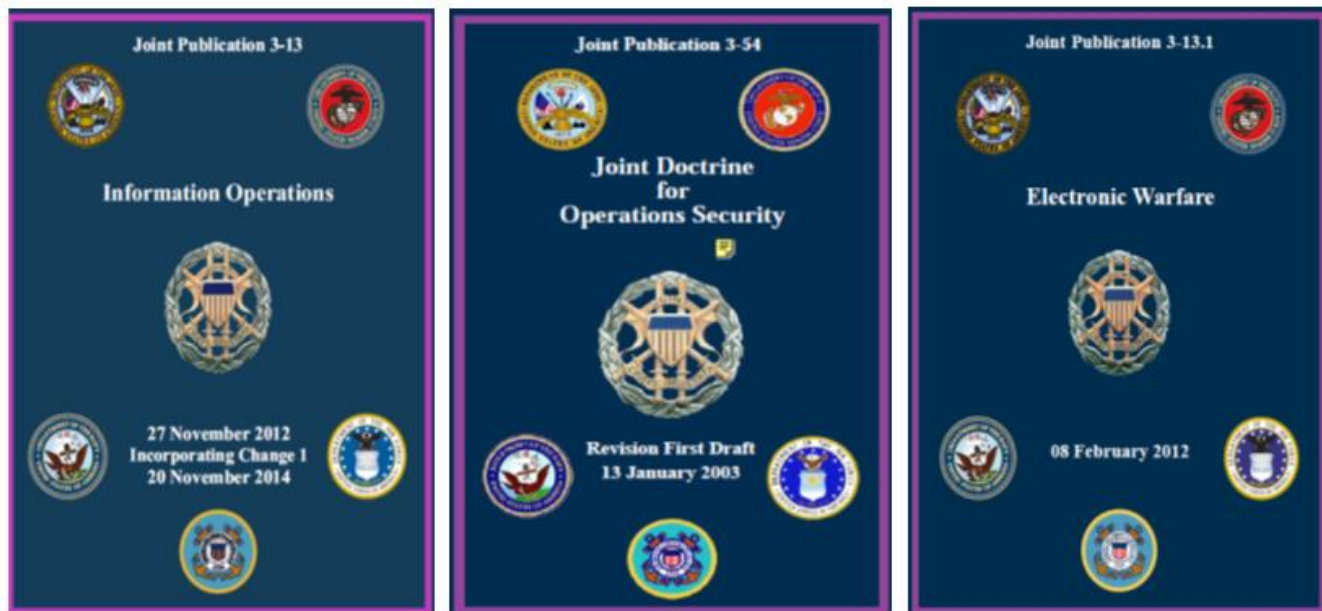


Рис. 1.13. Нормативные документы МО США: «Информационные операции», «Безопасность операций», «Электронное противодействие»

Техническая разведка осуществляется в составе общих разведывательных действий. Формулирование целей осуществляется для отдельных видов ТР в соответствии с общими стратегическими направлениями обеспечения национальной безопасности и разведки и с учетом прогнозов развития технических средств.

Задачи ТР формулируются в зависимости от информационных запросов множества ведомств и организаций (военных и гражданских) с учетом общего цикла управления разведывательным процессом. Первоочередными задачами разведывательного обеспечения (на примере Разведывательного сообщества США), для решения которых используются и ТР, являются:

- помощь в планировании управленческих действий путем определения содержания проблемы управления и внесения вклада в разработку методов ее разрешения;

- эффективное планирование разведки в целях объединения, синхронизации и управления всеми доступными разведывательными возможностями для прогнозирования результатов планируемых управленческих действий и информационного обеспечения управленческих решений;

- раннее предупреждение о потенциально опасных событиях или факторах, которые могут оказать негативное влияние на планируемые управленческие действия;

- разведывательная подготовка оперативной обстановки управления с использованием всех доступных источников для постоянного и систематизированного отслеживания намерений и действий участников действий и оценки текущей ситуации;

- планирование структуры разведки, которая обеспечивает взаимодействие различных подразделений, распространение информации, комплексирование информации от отдельных источников;

- поддержка возможностей постоянной визуализации обстановки на основе актуальных разведывательных данных;

- сбор и управление заявками на добывание данных, которые выявляют пробелы в информационном обеспечении и

способствуют выработке стратегий заблаговременного запроса необходимой информации из наиболее подходящих источников.

1.3. Организация технической разведки

Организация – широкое понятие, которое охватывает организационную структуру (субъектов организационной деятельности) и саму деятельность. Основным свойством организации является единство цели, ради которой создается организационная структура и выполняются различные действия. Организация характеризуется составом и функциями входящих в нее структурных элементов, характером взаимодействия между ними, а также процессами, реализуемыми для достижения цели.

Организация ТР включает разведывательные органы и службы, осуществляющие ТР, а также процессы ведения ТР. В разных странах структура органов ТР различна. Наиболее развита структура органов и служб ТР США (рис. 1.14), входящих в Разведывательное сообщество.

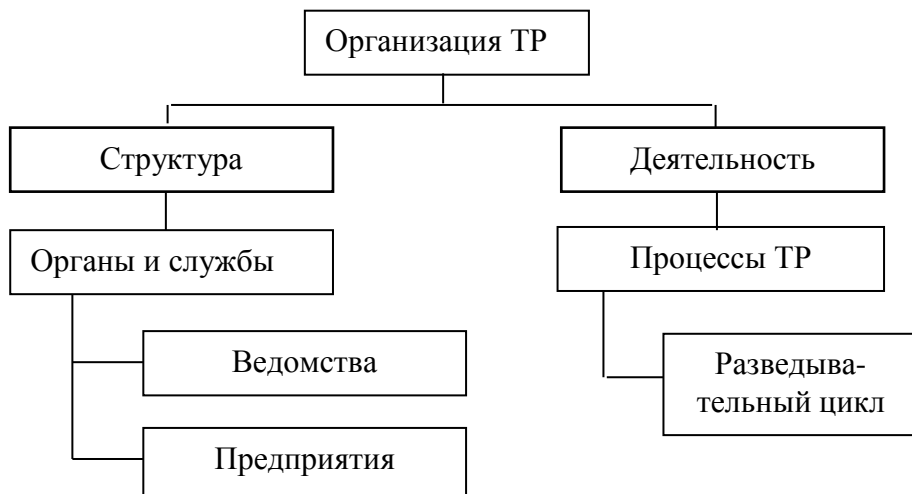


Рис. 1.14. Основные составные элементы организации ТР (на примере США)

В США ТР различных видов ведется ведомствами (agencies) – государственными органами – членами Разведывательного сообщества, список которых утверждается законодательными актами. Это такие органы, как ЦРУ (CIA) – Центральное разведывательное управление, АНБ (NSA) – Агентство национальной безопасности (NRO), НУР (NRO) – Национальное управление разведки и другие, всего 16 (рис. 1.15).

Каждое из них ведет разведку в определенной области ответственности: ЦРУ – преимущественно политическую, АНБ – разведку сообщений и сигналов всех возможных видов, НУР – космическую разведку. Ведомства добывают разведывательную информацию в рамках установленных для них полномочий и по запросам на основе использования технических средств, находящихся в их ведении, а также с использованием разведывательной информации, добываемой другими ведомствами.

Кроме ведомств в рамках Разведывательного сообщества функционируют так называемые «предприятия» (enterprises) – управляемые головным органом функциональные системы, обеспечивающие сбор данных определенного вида на основе использования средств, принадлежащих разным ведомствам (например, ЦРУ и Минобороны). В рамках предприятия взаимодействие различных ведомств осуществляется не по линии иерархического управления, а по горизонтальным контурам взаимодействия. Так, например, совокупность органов и организаций, а также используемых технических средств для ведения параметрической разведки (MASINT), является «предприятием».

Эффективность деятельности оргструктур разведки в целом характеризуется степенью удовлетворения все более возрастающих информационных потребностей руководства иностранных государств в получении объективных данных, необходимых для проведения внешней и внутренней политики в условиях быстро изменяющегося мира. С целью повышения

эффективности ТР иностранные государства постоянно проводят их совершенствование в части структуры разведывательных органов, состава и качества технических систем и средств.

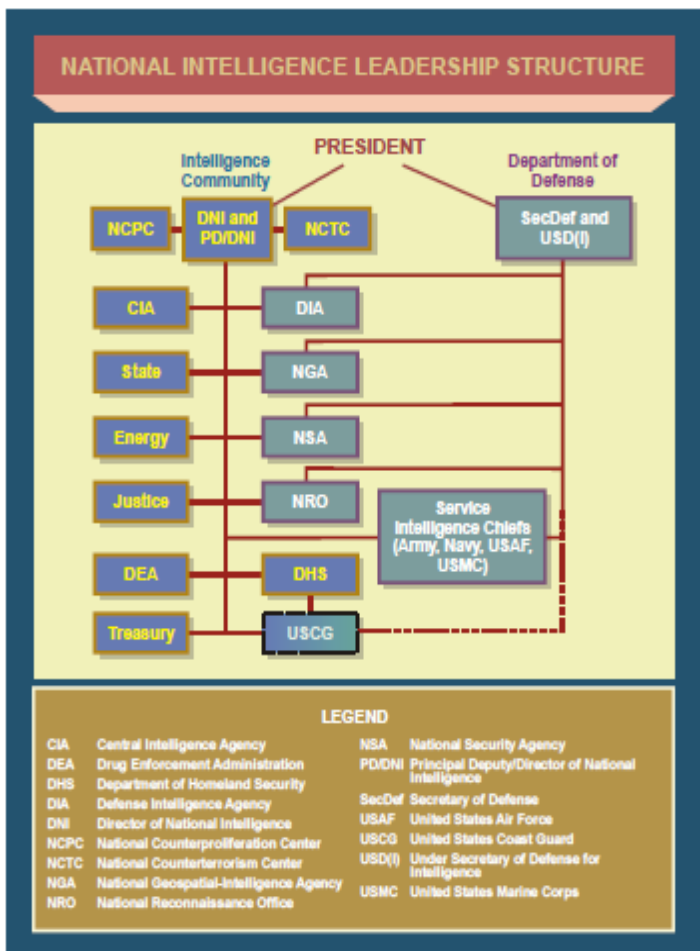


Рис. 1.15. Органы разведки - члены Разведывательного сообщества США

К основным принципам построения *организационной структуры ТР* могут быть отнесены:

- централизация управления всеми видами ТР через главное ведомство – Управление директора национальной разведки (ODNI), обеспечивающее достижение единой цели Разведывательного сообщества посредством определения приоритетных задач и финансирования;

- централизация управления определенными видами ТР через головные органы функциональных систем «предприятий»;

- сочетание иерархической (в рамках одного ведомства) и распределенной форм принадлежности технических средств аналогичного технического назначения;

- использование международного сотрудничества для финансирования дорогостоящих систем и оптимизации размещения технических средств разведки (ТСР);

- оптимизация состава и размещения (ТСР),

- создание условий для коллективного использования и объединения данных от различных ТСР;

- использование средств и систем двойного назначения, софинансируемых государством и частными организациями и используемых в разведывательных и коммерческих целях.

Процесс ведения ТР осуществляется в рамках единого разведывательного цикла, основные этапы которого показаны на рис. 1.16.

Этапами разведывательного цикла являются: планирование и постановка задач, сбор данных, обработка и использование данных, анализ и разработка продукции, распространение и объединение информации. Все этапы осуществляются в интересах выполнения главной миссии Разведывательного сообщества с постоянной оценкой и совершенствованием всех средств обеспечения разведывательной деятельности.



Рис. 1.16. Структура разведывательного цикла (процесса)

В число основных принципов реализации процесса ведения ТР входят:

- плановость;
- комплексность применения разнородных средств;
- оптимизация состава ТСР для решения конкретных задач;
- скрытность применения средств разведки.

К основным принципам ведения объединенной разведки относятся:

- перспективность (думать, как противник);
- синхронизация (синхронизировать разведку с планами и операциями);
- целостность (оставаться интеллектуально честными);
- единство усилий (взаимодействовать для достижения общей конечной цели);
- приоритезация (приоритезировать требования на основе указаний командира);
- совершенство (стараться достигнуть наивысших стандартов качества);
- прогнозирование (принимать риск прогнозирования

намерений противника);

- приспособляемость (оставаться гибкими и принимать изменение ситуации);

- взаимодействие (использовать опыт различных экспертных ресурсов);

- объединение (использовать все источники сведений и знаний).

Применение перечисленных принципов организации и реализации ТР направлено на обеспечение необходимого качества конечной разведывательной информации, которая является результатом преобразования данных в информацию (как совокупность разведывательных сведений), а информации - в знания (конечную разведывательную информацию) (рис. 1.17).

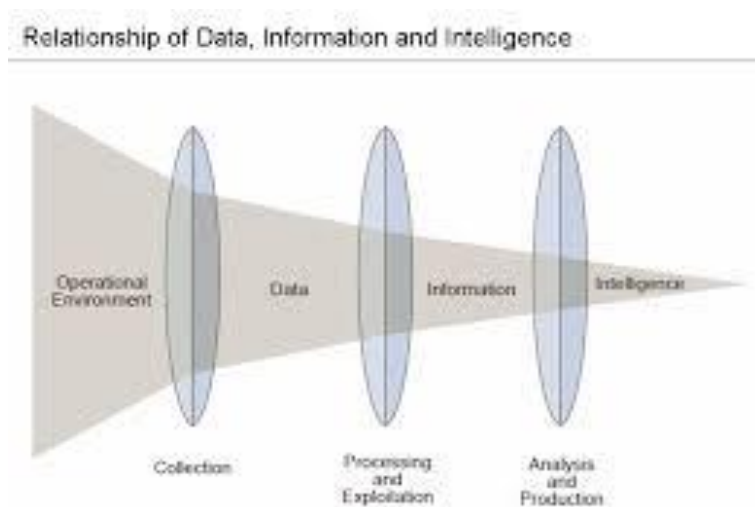


Рис. 1.17. Схема преобразования разведывательных данных в разведывательную информацию

Характеристиками качества разведывательной информации являются:

- пригодность;

- своевременность;

- точность;
- полнота;
- релевантность;
- объективность;
- доступность.

1.4. Классификация технических разведок

Для классификации ТР используются основные признаки, относящиеся ко всем трем составляющим ТКУИ:

- признаки добываемых сведений (форма и содержание);
- признаки пространства, в котором распространяется информативный сигнал и размещаются средства разведки;
- признаки аппаратуры разведки, регистрирующей информативный сигнал.

Наименования видов разведки, используемые в зарубежных странах, несколько отличаются от наименований, используемых в России, при этом основные признаки классификации схожи.

В странах НАТО используется классификация разведок на виды («разведывательные дисциплины») по видам добываемых разведывательных данных (рис. 1.18).

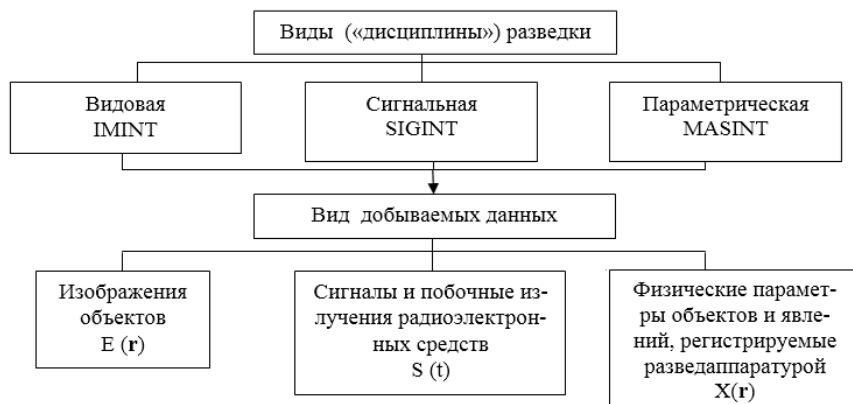


Рис. 1.18. Классификация разведок по виду добываемых данных

Видовая разведка (imagery intelligence, IMINT) – получение технических, географических и других разведывательных сведений путем интерпретации и анализа добытых изображений и сопутствующих материалов.

Сигнальная разведка (signals intelligence, SIGINT) – получение смысловых и технических разведывательных сведений путем перехвата сигналов зарубежных средств связи и других радиоэлектронных средств, а также побочных электромагнитных излучений радиоэлектронных средств. SIGINT является обобщающим термином для разведок, направленных на добывание информации из электромагнитного спектра, включающих разведку систем связи (COMINT), электронную разведку (ELINT), параметрическую разведку (MASINT), техническую (TECHINT) и телеметрическую (TELINT).

Параллельно используется термин «электронная разведка» (electronic reconnaissance) – обнаружение, местоопределение, идентификация и оценка параметров излучений зарубежных электронных средств).

Параметрическая (дословно измерительно-сигнатурная) разведка (measurement and signature intelligence, MASINT) – получение разведывательных сведений путем качественного и количественного анализа физических параметров объектов и событий, добытых при проведении специальных измерений техническими средствами физических явлений, сопутствующих объектам и событиям, с целью их описания, определения местоположения и распознавания.

Помимо видов («дисциплин») разведки, выделяемых по признаку обрабатываемых (добытых) разведданных в общей классификации стран НАТО выделяются виды разведки, соответствующие сведениям определенного содержания (в интересах контрразведки – CI, научно-технической разведки – TI, киберразведки – CYBERINT) и сведений из определенных источников (агентурная разведка – HUMINT и разведка открытых источников – OSINT) (рис. 1.19).

Intelligence Disciplines, Subcategories, Sources, and Applications

GEOINT – Geospatial Intelligence

- Imagery
- IMINT – Imagery Intelligence
- Geospatial information

HUMINT – Human Intelligence

- Debriefings
- Interrogation operations
- Source operations

SIGINT – Signals Intelligence

- COMINT – communications Intelligence
- ELINT – electronic Intelligence
 - technical ELINT
 - operational ELINT
- FISINT – foreign instrumentation signals Intelligence

MASINT – Measurement and Signature Intelligence

- Electromagnetic data
- Radar data
- Radio frequency data
- Geophysical data
- Materials data
- Nuclear radiation data

OSINT – Open-Source Intelligence

- Academia
- Interagency
- Newspapers/periodicals
- Due diligence
- Media broadcasts
- Internet
- Alternative collections

TECHINT – Technical Intelligence

- Weapon system Intelligence
- Scientific Intelligence

CI – Counterintelligence

Applications

- Biometrics-enabled Intelligence
- Forensics-enabled Intelligence
- Document and media exploitation
- Identity Intelligence

Рис. 1.19. Классификация видов разведки в США и странах НАТО

Научно-техническая разведка (scientific and technical intelligence, S&TI) -добывание разведсведений путем сбора, оценки, анализа и интерпретации зарубежной научной и технической информации, которая раскрывает: зарубежные исследования и разработки в области фундаментальных и прикладных наук, научные и технические характеристики, возможности и ограничения всех военных систем, вооружения и военной техники, материалов, информацию об их разработке, а также о методах производства

Разведка самодельных взрывных устройств (weapons technical intelligence, WTI) – добывание разведсведений путем использования технических и аналитических способов исследования самодельных взрывных устройств, компонентов, самодельного оружия и другой техники.

Для описания всего множества видов ТР в отечественной литературе используются объективные признаки: вид пространства, из которого ведется разведка, физические принципы действия разведаппаратуры и вид физического поля (информативного сигнала) – носителя информации.

Основными видами физического пространства, из которого ведется ТР, являются:

- космическое,
- воздушное,
- наземное,
- морское.

Соответственно, выделяются космическая, воздушная, наземная и морская разведки. В указанных пространствах могут использоваться различные виды носителей разведаппаратуры, имеющие различные возможности по перемещению в этих пространствах с учетом установленных границы государств и охраняемых объектов, а также с учетом физических принципов движения носителей (рис. 1.20).

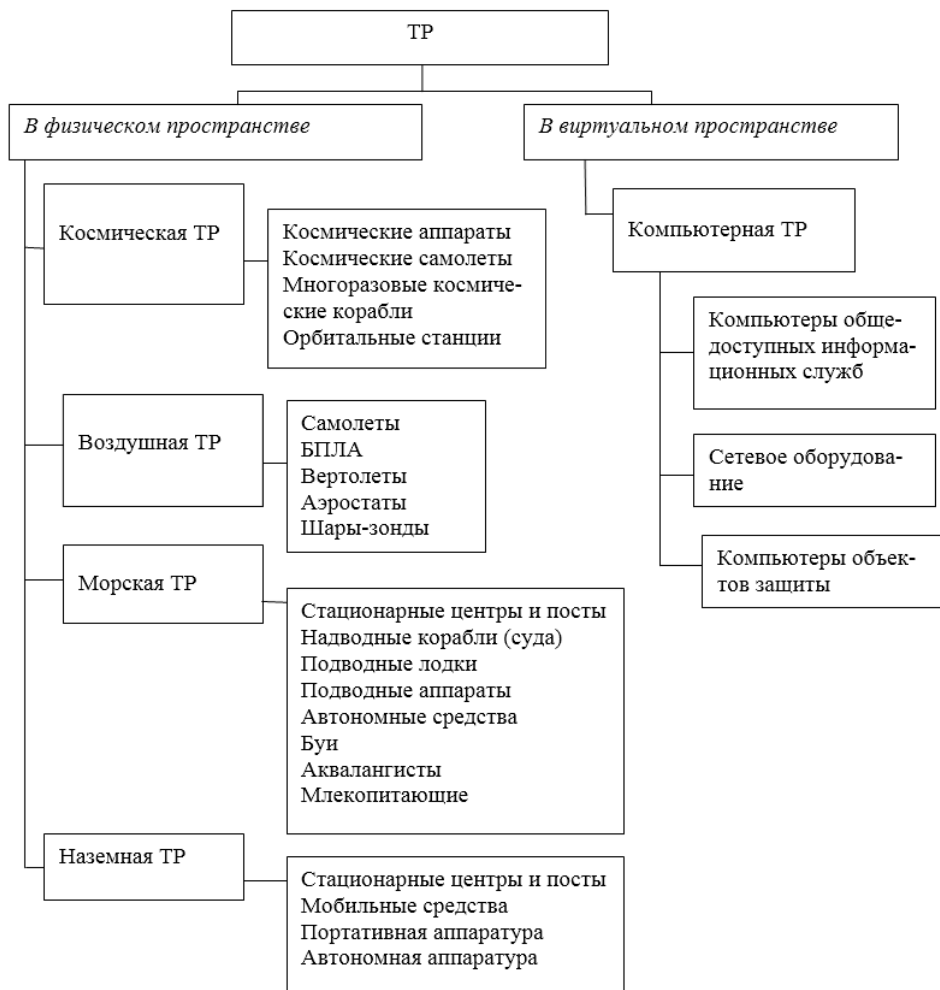


Рис. 1.20. Виды разведки по видам пространства и носители разведаппаратуры

Каждое пространство характеризуется наличием границ. Космическое пространство не имеет ограничений для размещения носителей разведаппаратуры, принадлежащих различным государствам. В воздушном, наземном и морском пространствах носители разведаппаратуры размещаются с учетом государственных границ и условий взаимодействия

различных государств.

В виртуальном пространстве существуют физические и логические области размещения аппаратных и программных средств, принадлежащих различным субъектам.

Виды ТР с учетом государственной принадлежности пространства приведена на рис. 1.21.

Виды ТР, выделенные по физическим признакам носителей информации (информативных сигналов), приведены в табл. 1.2.

В табл. 1.3 приведены диапазоны длин волн электромагнитного поля, используемые при ведении ТР.



Рис. 1.21. Виды ТР по государственной принадлежности пространства

Виды технических разведок по физическим признакам носителей информации

Виды ТР	Физические признаки носителей информации							
	1 Вид регистрируемых данных	2 Вид носителя	4 Вид взаимодействия носителя и регистрирующего устройства (аппаратуры разведки)	5 Разновидность носителя	6 Вид параметров носителя	7 Диапазон регистрируемых длин волн	8 Среда распространения носителя	
Магнитометрическая	Физические параметры материальных объектов-носителей данных	Поле	Физическое	Электромагнитные поля	Постоянные	-	Воздух Безвоздушное пространство Материалы	
Радиоэлектронная			Химическое		Переменные	Радио Оптический		
Оптико-электронная				Биологическое				
Фотографическая			Физическое		Механические поля	Переменные	Сейсмический Звуковой	Земля
Визуально-оптическая				Вещество				Физическое Химическое Биологическое
Сейсмическая			Биологическая особь		Объекты живой природы			
Гидроакустическая				Текст				Электронный документ
Акустическая								
Химическая								
Радиационная								
Биологическая								

Таблица 1.3

Диапазоны длин волн электромагнитного поля

Наименование волн (излучений)		Длина волны
Радиоволны	длинные	18 000 ... 2 000 м
	средние	2 000 ... 200 м
	промежуточные	200 ... 50 м
	короткие	50 ... 10 м
	ультракороткие	1 0 м ... 1 см
	микро	1 см ... 0,75 мм
Инфракрасное излучение	длинноволновое	750 ... 15 мкм
	средневолновое	15 ... 1,5 мкм
	коротковолновое	1,5 ... 0,75 мкм
Видимое излучение	красное	750 ... 620 нм
	оранжевое	620 ... 590 нм
	желтое	590 ... 560 нм
	зеленое	560 ... 500 нм
	голубое	500 ... 480 нм
	синее	480 ... 450 нм
	фиолетовое	450 ... 400 нм
Ультрафиолетовое излучение		400 ... 10 нм
Рентгеновское излучение		100 ... 0,04 А
Гамма-излучение		0,04 А и менее

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДОВ РАЗВЕДКИ, ВЫДЕЛЕННЫХ ПО ВИДАМ ПОЛУЧАЕМЫХ СВЕДЕНИЙ

2.1. Видовая разведка

Видовая разведка – это ТР, осуществляемая путем получения и анализа изображений объектов. Изображение – зафиксированное пространственное распределение электромагнитного излучения, пришедшего от объекта и окружающего его фона, воспринимаемое человеком-оператором как пространственный образ объекта.

Изображения получают в рентгеновском, оптическом (видимом и невидимом) и радиодиапазоне путем регистрации собственного и отраженного электромагнитных и акустического излучений объекта. Место видимого излучения в общем диапазоне длин волн электромагнитного излучения приведено на рис. 2.1, диапазоны длин волн оптического излучения – в табл. 2.1.

Справка: сантиметр (см) = 1×10^{-2} м,
микромметр, микрон (мкм, μm) = 1×10^{-6} м,
ангстрем (\AA) = 1×10^{-10} м, нанометры 1×10^{-9} м.

Длина волны = λ , частота = ν ,

скорость света = $c = 3 \times 10^8$ м/с,

$$\lambda = c/\nu, \quad \nu = c/\lambda.$$

В атмосфере волны оптического диапазона с разными длинами пропускаются по-разному (рис. 2.2). Поэтому для получения изображений используются отдельные полосы частот, которые соответствуют «окнам прозрачности» атмосферы.

Интенсивность собственного излучения объекта различается на разных длинах волн. На рис. 2.3 показана энергетическая характеристика излучения абсолютно черного тела, которая соответствует излучению Солнца в ультрафиолетовом, видимом и ИК-диапазонах при температуре 5800 град Кельвина. Область на графике, закрашенная в зеленый цвет, соответствует излучению абсолютно черного тела при температуре 300 град Кельвина, что соответствует большинству объектов на поверхности Земли (рис. 2.3).

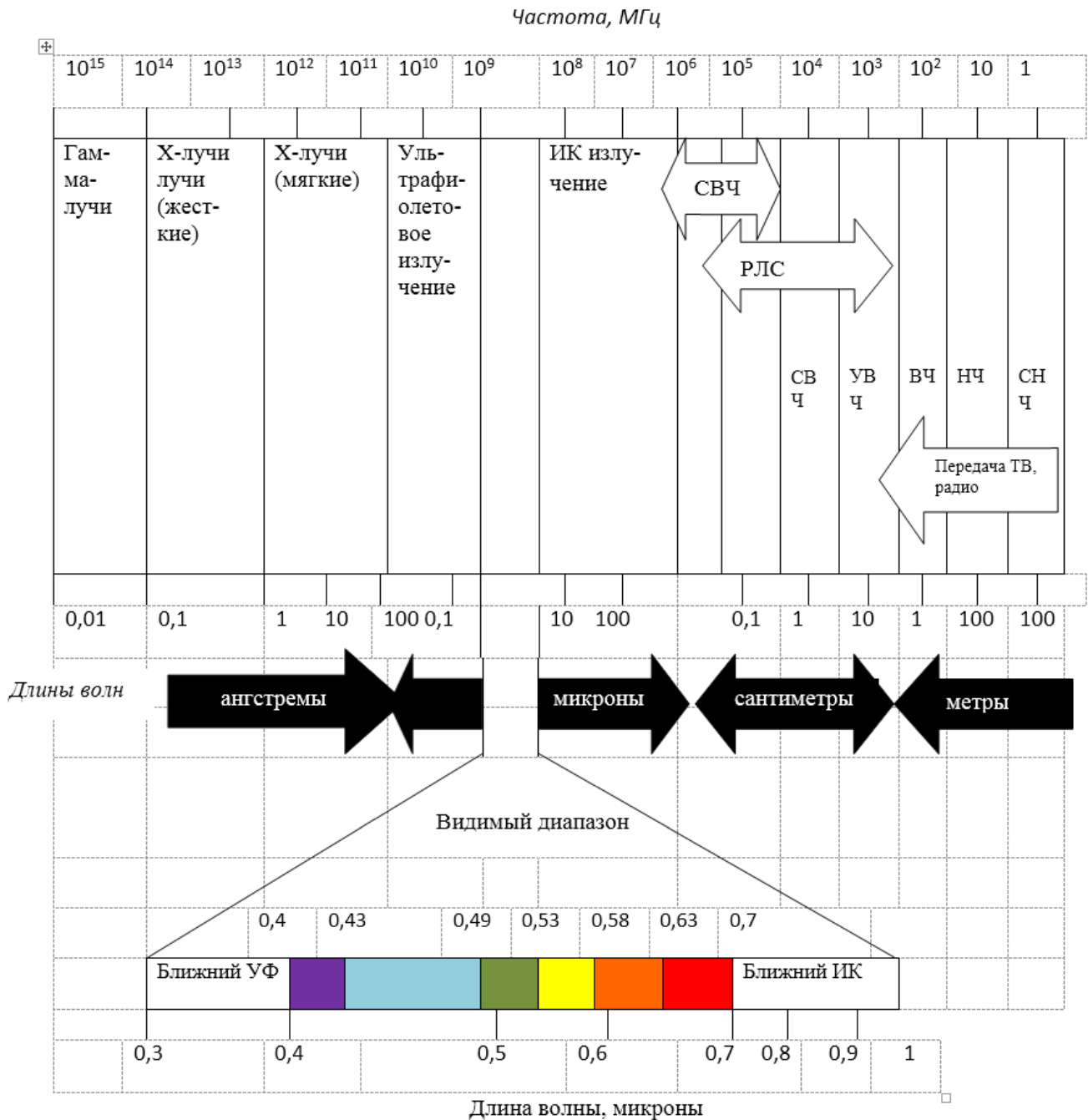


Рис. 2.1. Диапазоны электромагнитного спектра

Таблица 2.1

Длины волн аппаратуры видовой разведки в оптическом диапазоне

Наименование поддиапазона оптического диапазона	Значения граничных длин волн, мкм
Ультрафиолетовый (UV)	0,2 ... 0,4
Видимый (V)	0,4 ... 0,7
Ближний ИК (NIR)	0,7 ... 1
Коротковолновый ИК (SWIR)	1 ... 2,7
Средневолновый ИК (MWIR)	2,7 ... 6,3
Длинноволновый ИК (LWIR)	6,3 ... 15

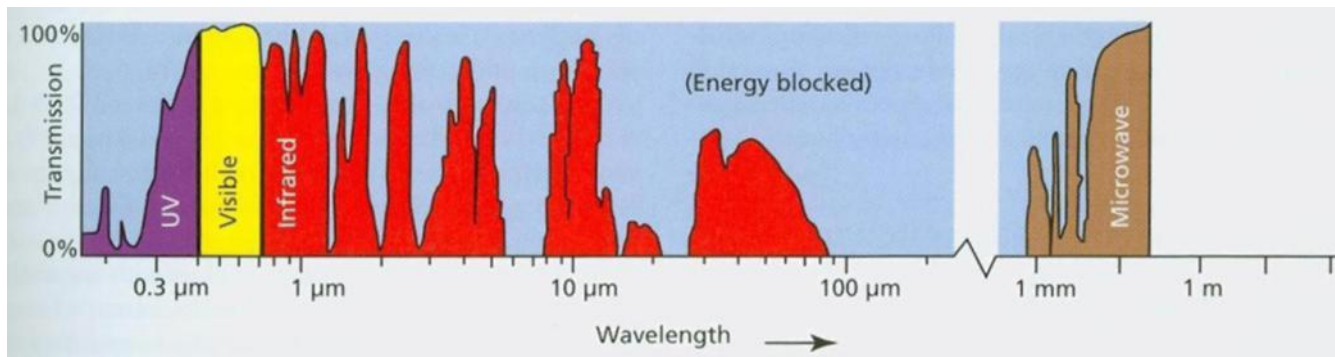


Рис. 2.2. Пропускание атмосферы в различных полосах оптического диапазона

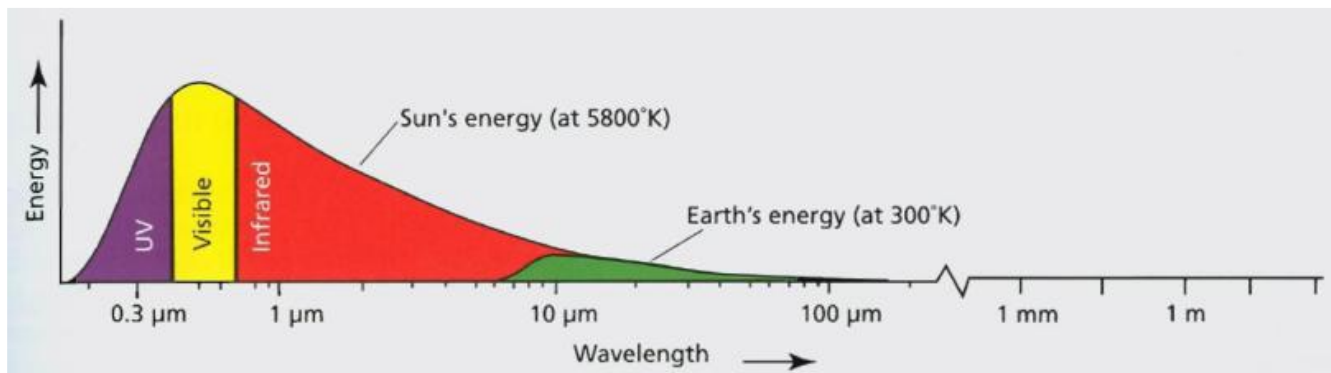


Рис. 2.3. Теоретическое излучение абсолютно черного тела при различных температурах

Для увеличения возможностей пассивной аппаратуры по обнаружению объектов используют искусственные источники подсветки в том же диапазоне, в каком идет прием естественного отраженного излучения.

Изображения различаются по нескольким признакам (рис. 2.4):

- по зарегистрированному диапазону длин волн излучения (рентгеновский, ультрафиолетовый, видимый, ИК, радио-);

- по способу регистрации изображения (наблюдение глазом, регистрация на фотопленку, регистрация на фотоэлектронное устройство);

- по способу получения изображения (пассивный прием, активное облучение);

- по происхождению излучения (отраженное, собственное).

Человеческий глаз регистрирует изображения в видимом диапазоне длин волн по отраженному от объектов естественному излучению. Такому изображению соответствуют изображения, полученные в видимом диапазоне длин волн и зарегистрированные на фотопленке и электронных ФПУ, характеристики чувствительности которых аналогичны чувствительности глаза.

Невидимое глазом отраженное излучение в ультрафиолетовом и ближнем ИК-диапазонах регистрируется на специальные фотопленки или на электронные фотоприемные устройства, отображающие интенсивность отражения излучения разными частями объекта.

Собственное тепловое излучение объектов в ИК-диапазоне регистрируется на электронные фотоприемные устройства, формирующие пространственные распределения температуры объекта.

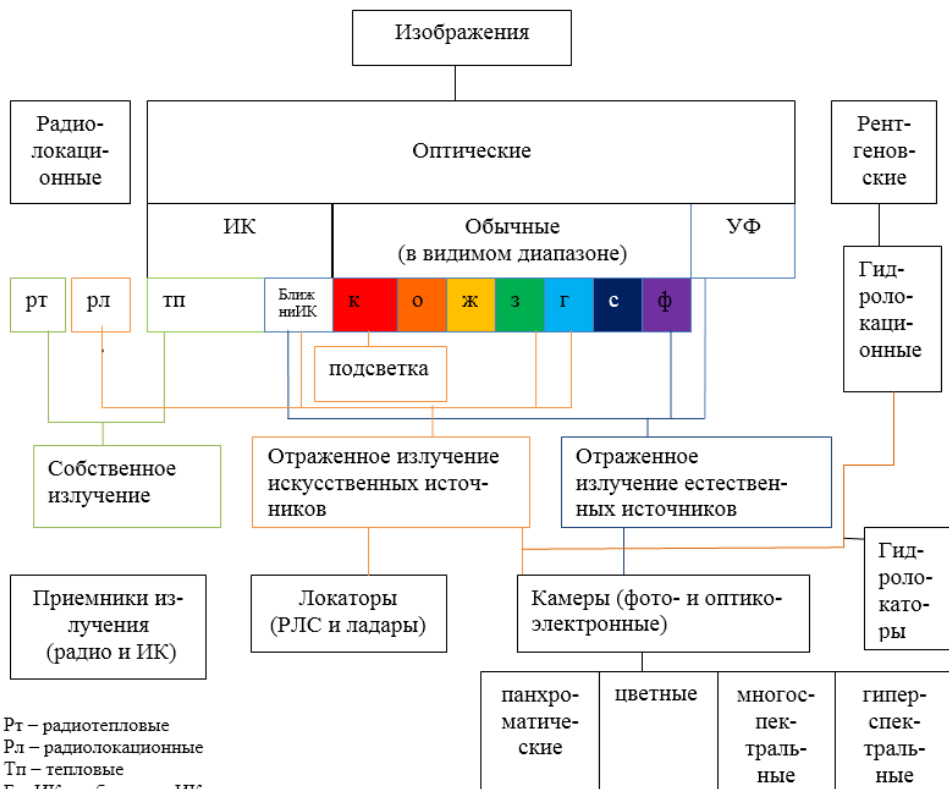


Рис. 2.4. Классификация изображений и аппаратуры видовой разведки

Помимо оптического диапазона для получения изображений объектов используются также радиодиапазон и рентгеновский диапазон электромагнитного излучения. Снимки в рентгеновском диапазоне получают в лабораторных условиях. Снимки в радиодиапазоне получают с использованием радиолокаторов.

Изображения объекта в различных диапазонах длин волн существенно отличаются. Изображения, полученные в радио-, ИК- и УФ-диапазонах, являются псевдоизображениями, так как они показывают распределение интенсивности излучения, не воспринимаемого глазом.

Псевдоизображениями являются также такие изображения, которые получены в отдельных диапазонах видимого диапазона волн (с использованием много- и гиперспектральной аппаратуры), а потом искусственно объединены в одно изображение, не соответствующее по спектру цветному изображению, которое воспринимается глазом. Строго говоря, черно-белое изображение, являющееся зафиксированным суммарным излучением, также является псевдоизображением.

Хронология начала практического применения аппаратуры видовой разведки оптического диапазона различных типов приведена на рис. 2.5.

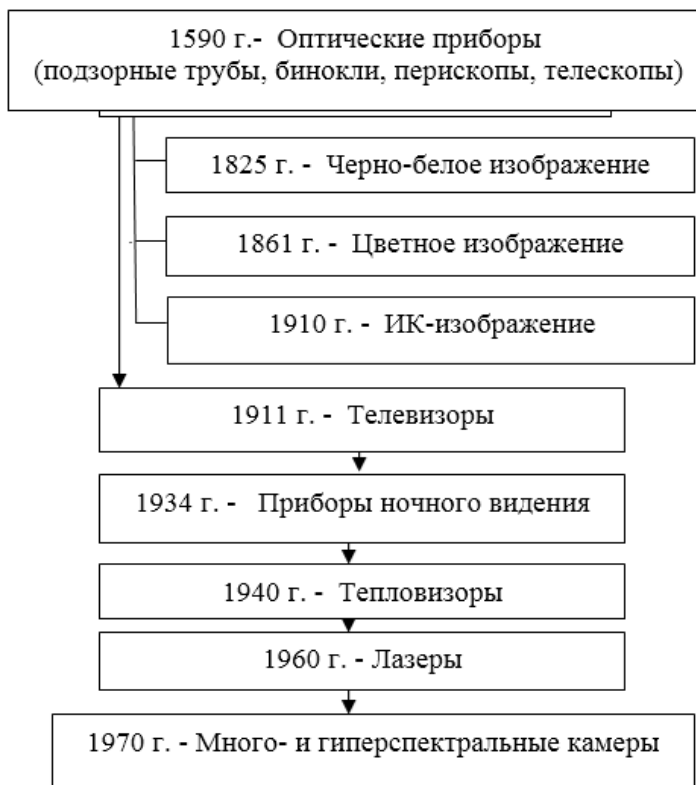


Рис. 2.5. Хронология начала практического применения аппаратуры видовой разведки оптического диапазона

Видовая разведка включает: визуальную оптическую (ВЗОР), фотографическую (ФР), телевизионную (ТВР), визуальную оптико-электронную (ВОЭР), инфракрасную видовую (ИКРВ), лазерную видовую (ЛРВ), радиолокационную видовую (РЛРВ), гидролокационную видовую (ГЛРВ). ВЗОР, ФР, ТВР, ВОЭР, ИКРВ – пассивные разведки (иногда с активной подсветкой) – регистрируют естественное отраженное или собственное излучение. ЛРВ, РЛРВ, ГЛРВ – активные разведки – регистрируют отраженный зондирующий сигнал разведапаратуры.

Структура технического канала видовой разведки приведена на рис. 2.6, его описание – в табл. 2.2.

Ведение видовой разведки возможно только на дальности прямой видимости (рис. 2.7).

Технический канал видовой разведки

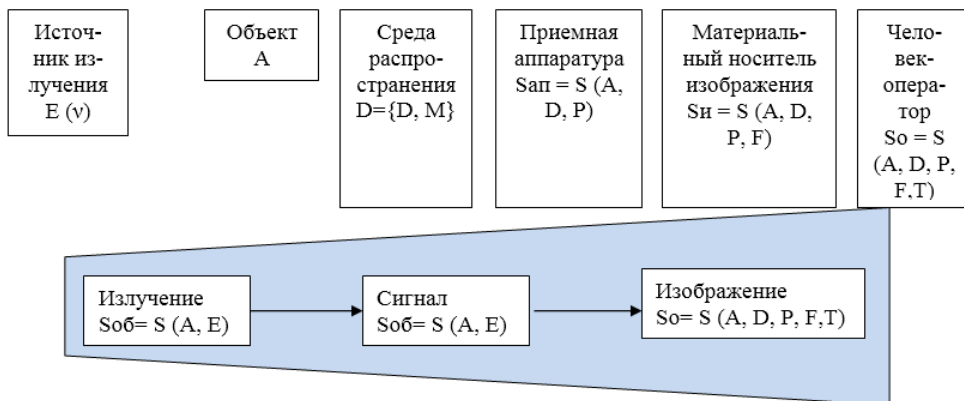


Рис. 2.6. Структура технического канала видовой разведки

Таблица 2.2

Основные характеристики элементов видового ТКУИ

Составной элемент технического канала	Роль элемента
Источник сигнала	Создает сигнал определенной мощности и частоты
Объект	Ослабляет сигнал и изменяет частотный спектр в зависимости от физических параметров, характеризующих размер, форму, отражательную способность
Среда распространения	Ослабляет сигнал и изменяет частотный спектр в зависимости от физических параметров, характеризующих рассеяние
Приемная аппаратура	Преобразует сигнал по мощности и частоте
Материальный носитель	Отображает сигнал
Человек-оператор	Воспринимает сигнал

$h_1, м$ - высота средства
 $h_2, м$ - высота объекта
 R_3 - радиус Земли
 $D_{пв}, км$

$$D_{пв} = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

(формула получена в приближении, $h_1 \ll 2R_3$, $h_2 \ll 2R_3$)

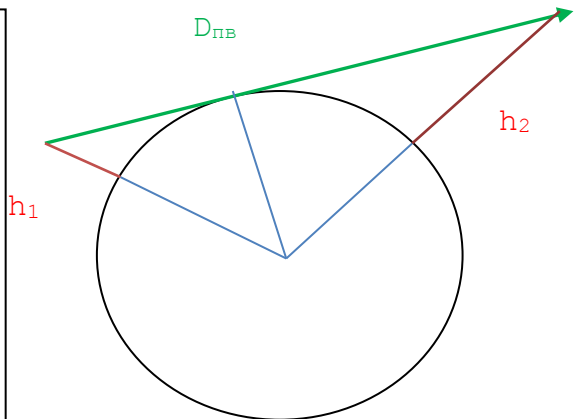


Рис. 2.7. Расчет дальности прямой видимости

Основной характеристикой изображения является обеспечиваемое линейное разрешение, характеризующее детальность получаемых данных.

Линейное разрешение – это минимальное расстояние между двумя точками, которые отображаются раздельно (рис. 2.8).

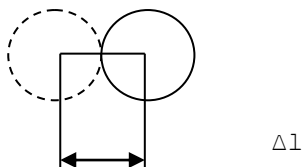


Рис. 2.8. Определение линейного разрешения на местности

Линейное разрешение определяется также по отношению к фотоприемному устройству (например, к матрице). Оно называется оптическим разрешением, измеряется в линиях на мм и равно

$$\text{оптическое разрешение [лин/мм]} = 1000 / (2 \cdot \text{размер пикселя [мкм]})$$

Например, при размере чувствительного элемента ФПУ (пикселя) $\Delta=10$ мкм его линейное разрешение равно 50 лин/мм.

Для решения различных задач разведки требуется разное линейное разрешение на местности (табл. 2.3). В табл. 2.3 приведены значения требуемого линейного разрешения изображения в видимом диапазоне для решения типовых задач.

Возможность интерпретации изображений зависит от диапазона, в котором оно получено. Для оценки качества снимков с точки зрения их интерпретации в Разведывательном сообществе применяется шкала NIIRS («Национальная шкала интерпретации масштаба изображения» - National Imagery Interpretability Rating Scale) для различных диапазонов ведения разведки: видимого, радио, ИК, многоспектрального. Шкала имеет 10 градаций, от 0 до 9 (табл. 2.4).

Таблица 2.3

Требуемое линейное разрешение изображения

Объекты	Требуемое линейное разрешение изображения, м				
	Обнаружение	Общее распознавание	Точное распознавание	Описание	Технический анализ
Мосты	6	4.5	1.5	1	0.3
Средства связи, радиолокаторы	3	1	0.3	0.15	0.015
Укрепления	1.5	0.6	0.3	0.03	0.03
Войсковые соединения на стоянках и на марше	6	2	1.2	0.3	0.15
Аэродромные сооружения	6	4.5	3	0.3	0.15
Ракеты/артиллерийские системы	1	0.6	0.15	0.05	0.045
самолеты	4.5	1.5	1	0.15	0.045
Командные пункты	3	1.5	1	0.15	0.09
Ракеты «земля-земля» и «земля-воздух»	3	1.5	0.6	0.3	0.045
Надводные корабли	7.5	4.5	0.6	0.3	0.045
Ядерное оружие					
компоненты	2.5	1.5	0.3	0.03	0.015
носители	1.5	0.6	0.3	0.06	0.045
Мины	9	6	1	0.03	0.09
Порты и гавани	30	15	6	3	0.3
Береговые линии/прибрежная территория	30	4.5	3	1.5	0.15
Ж/д станции и сооружения	30	15	6	1.5	0.4
Дороги	6-9	6	1.8	0.6	0.4
Городская зона	60	30	3	3	0.75
Земная поверхность		90	4.5	1.5	0.75
ПЛ в надводном положении	30	6	1.5	1	0.03

Таблица 2.4

Линейное разрешение на местности, соответствующее градациям шкалы NIIRS

Значение шкалы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диапазон значений линейного разрешения на местности, м		>9	9 .. 4,5	4,5 .. 2,5	2,5..1,2	1,2 .. 0,75	0,75 .. 0,4	0,4 .. 0,2	0,2 .. 0,1	<0,1

Для каждого диапазона аппаратуры (в видимого, радио, ИК, многоспектрального) каждому из значений шкалы поставлено в соответствие несколько разведывательных задач, которые могут быть решены при этом значении шкалы, например: идентификация регистрационных номеров на транспортном средстве, идентификация типа антенны и т.п. При этом одна и та же разведывательная задача соответствует разным значениям шкалы NIIRS для разных диапазонов. Существуют формулы («Общие уравнения оценки качества изображения» – General Image Quality Equation, GIQE), связывающие физические параметры изображения, измеряемые по снимку (линейное разрешение, параметр резкости отношение сигнал/шум и др.), и значениями шкал (в разных диапазонах). Для видимого диапазона уравнение имеет вид:

$$NIIRS = 10.251 - a \log_{10} GSD_{GM} + b \log_{10} RER_{GM} - (0.656 * H) - (0.344 * G / SNR)$$

где RER , H и G – физические параметры изображения, SNR – отношения сигнал/шум, GSD – линейное разрешение на местности. a, b – коэффициенты, различающиеся для разных диапазонов.

Визуальная оптическая разведка

Визуальная разведка ведется человеком, который наблюдает за объектом с использованием технических средств, расширяющих возможности человеческого зрения. Регистрация (восприятие) изображения осуществляется человеческим глазом.

К основным характеристикам человеческого зрения относятся:

- острота зрения, позволяющая видеть удаленные объекты с определенной детальностью;

- светочувствительность, позволяющая различать излучения в разных диапазонах (рис. 2.9).

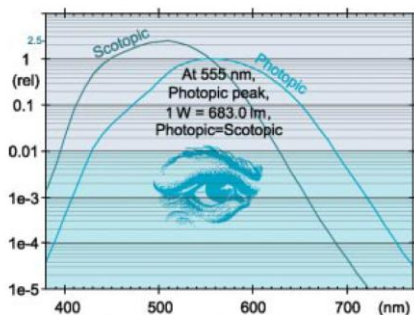


Рис. 2.9. Светочувствительность глаза

Для ведения визуальной оптической разведки используются оптические приборы (бинокли, телескопы, подзорные трубы, перископы). Указанная аппаратура применяется в портативном возимом и носимом вариантах и может быть доставлена к месту ведения разведки транспортным средством или человеком.

Визуально-оптическая разведка предназначена для преодоления ограничений человеческого зрения по дальности наблюдения и направлению наблюдения. Для «приближения» объектов и увеличения контраста используются оптико-механические устройства (линзы, объективы, светофильтры). Для изменения направления наблюдения (например, из укрытий) могут применяться перископы.

Основной технической характеристикой оптических приборов наблюдения является увеличение, или кратность, которая определяется фокусным расстоянием (рис. 2.10). Кратность бинокля обозначает отношение размера изображения предмета, наблюдаемого с помощью бинокля, к размеру этого же предмета, но наблюдаемого невооруженным глазом.

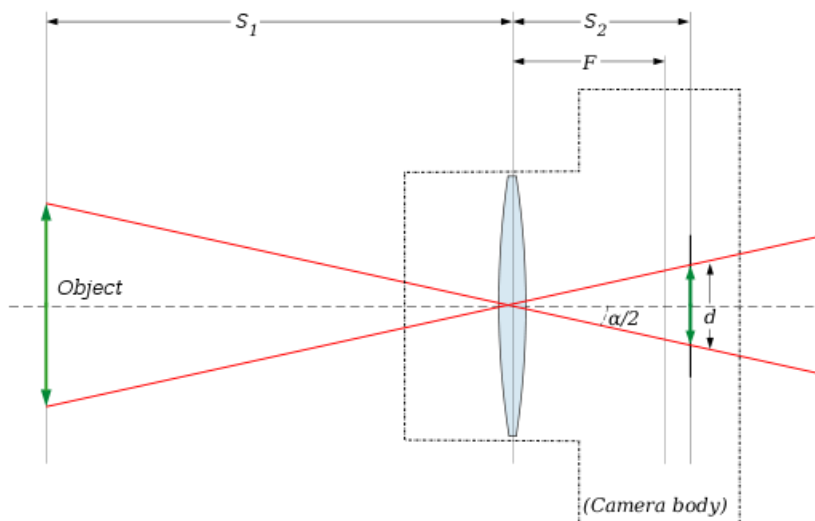


Рис. 2.10. Схема получения изображения оптическим прибором

Для увеличения контраста объекта, что тоже способствует увеличению дальности наблюдения, используются светофильтры – 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. Однополосные светофильтры прозрачны в какой-то одной части видимого спектра и позволяют увеличить яркостный контраст. Цветоконтрастные светофильтры имеют две полосы прозрачности и служат для повышения цветового и яркостного контраста объектов. При наблюдении через цветоконтрастные светофильтры 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.

Наибольшее увеличение обеспечивают телескопы, которые в современном исполнении могут быть установлены на транспортном средстве (автомобиле) и размещены в месте, удобном для ведения наблюдения.

В местах, где использование крупногабаритной аппаратуры невозможно, применяются стереотрубы и бинокли.

Современные оптические приборы снабжены устройствами регистрации изображений на ФПУ, что превращает их в фотографическую аппаратуру.

Основные технические характеристики одного из лучших современных биноклей Leica Ultravid 10 x42 BL приведены в табл. 2.5, портативного телескопа – в табл. 2.6.

Таблица 2.5

Основные технические характеристики бинокля
Leica Ultravid 10 x42 BL

Наименование	Значение
Увеличение	10х
Диаметр объектива	42 мм
Диаметр выходного зрачка	4.2 мм
Угловое поле зрения реальное	6.4°
Поле зрения на расстоянии 1000 м	112 м
Минимальная дистанция фокусировки	2.9 м

Существуют бинокли и с большей кратностью - 20, 25, 30, 35.

Таблица 2.6

Основные технические характеристики телескопа
Meade 16" LX600-ACF (f/8)

Наименование характеристики	Значение характеристики
Тип телескопа	зеркально-линзовый
Оптическая схема	Шмидт-Кассегрен с исправленной комой
Диаметр объектива, мм	406
Фокусное расстояние, мм	3251
Относительное отверстие	1:8
Максимальное полезное увеличение, крат	950
Минимальное полезное увеличение, крат	68
Просветляющее покрытие оптики	многослойное для линз, сверхпросветляющее UHTC для зеркал
Предельная звёздная величина	15,5m
Разрешение: предел Дауэса, угл. сек.	0,285"
Материал главного зеркала	борсиликатное стекло с низким коэффициентом расширения, корректор - стекло Borofloat
Призма/зеркало	Диагональное зеркало, 1,25"
Встроенный GPS	Да
Скорости слежения	До 2°/с (2000 градаций)

Оптико-электронная разведка

Оптико-электронная разведка – разведка, осуществляемая путем регистрации излучений объектов в оптическом диапазоне на электронные носители.

Видовая оптико-электронная разведка включает визуальную оптико-электронную, фотографическую, телевизионную, инфракрасную и лазерную разведки.

Линейное разрешение на местности, обеспечиваемое с применением аппаратуры регистрации изображений (при фиксированных условиях съемки – дальности, состояния среды), зависит от характеристик оптической системы и характеристик материального носителя, на котором осуществляется регистрация изображений.

Простейшее соотношение, определяющее линейное разрешение на местности, определяется геометрическими факторами (рис. 2.11). Минимальная площадка, разрешаемая на местности – это проекция пиксела.

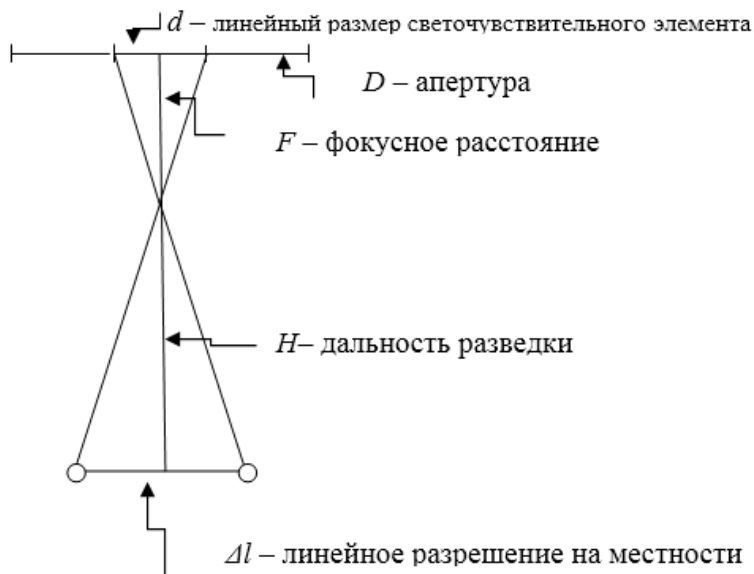


Рис. 2.11. Определение предельного линейного разрешения на местности

С учетом геометрических зависимостей линейное разрешение на местности Δl равно

$$\Delta l = \frac{dH}{F} \quad (2.1)$$

С учетом явлений дифракции света существует условие линейного разрешения изображений точек, определяемое размером колец Френеля

$$\Delta l = 1,22 \lambda H / D, \quad (2.2)$$

где λ – длина волны излучения.

Основной характеристикой материальных носителей, определяющей потенциально возможное линейное разрешение на местности, является d – линейный размер светочувствительного материала – зерна фотопленки или элемента фотоприемного устройства (ФПУ).

Возможность фиксации изображения (и, соответственно, его обнаружения на снимке) определяется соотношением принятой от объекта энергией и пороговой чувствительности материального носителя (фотопленки, материала ФПУ).

В качестве аппаратуры регистрации изображений применяются приборы ночного видения, пленочные и цифровые фотоаппараты, видеокамеры, тепловизоры, лазерные сканеры. С их использованием соответственно ведется ТР следующих видов: визуальная оптико-электронная разведка (ВЗОР), фотографическая (ФР), телевизионная (ТВР), инфракрасная видовая (ИКРВ), лазерная видовая (ЛРВ).

Аппаратура видовой разведки используется для ведения космической, воздушной и морской разведок.

Визуальная - оптико-электронная разведка

Визуальная оптико-электронная разведка предназначена для преодоления ограничений человеческого зрения по диапазону воспринимаемых длин волн (в темноте). Для обеспечения возможности «зрения» в темноте используются

приборы ночного видения (ПНВ), которые преобразовывают отраженный от объектов очень слабый свет (неба, звезд) в ближнем ИК-диапазоне (не воспринимаемом глазом) в видимый диапазон, воспринимаемый глазом.

В современном исполнении ПНВ имеют форму бинокля или встраивается в шлем. Это позволяет свободно перемещаться и действовать в темноте.

Основным элементом ПНВ 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, преобразуется в видимое изображение на экране. Преобразование изображения производится с помощью фокусирующего электростатического поля, создаваемого 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 фотокатод. Полученное изображение рассматривается в увеличенном виде через окуляр.

ПНВ регистрируют естественное излучение и дополнительное искусственное (подсветку, создаваемую самим прибором).

Пассивные ПНВ позволяют вести наблюдение ночью при естественной освещенности. Приборы работают на принципе усиления яркости изображения объектов, освещаемых светом ночного неба, луны и звезд. Усилитель света увеличивает яркость наблюдаемых объектов до 40 000 раз. ЭОП ПНВ без подсветки работают в видимом диапазоне, захватывая небольшую область ИК спектра до 0,9 мкм.

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. Видимое изображение местности наблюдается на экране.

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

Основные характеристики ПНВ приведены в табл. 2.7. На рис. 2.12 приведен внешний вид монокуляра BTS Vi - Ocular от компании FLIR.



Рис. 2.12. Внешний вид камеры BTS Vi - Ocular от компании FLIR

Таблица 2.7

Основные технические характеристики BTS Vi – Ocular

Характеристика	Значение характеристики
Тип сенсора	микроболометр с разрешением 320 x 240
Диапазон волн	7.5 - 13.5 мкм
Цифровое увеличение	2-х
Поле зрения	13° x 10° (320 x 240)
- при 2-х увеличении	6,5° x 5° (160 x 120)
Дисплей	цветной ЖК VGA дисплей
Вес	1.089 кг
Размеры (ДхШхВ)	28 см x 16.5 см x 6,68 см
Обнаружение человека	(1,8 м x 0,5 м) 780 м
Распознавание человека	190 м

Фотографическая разведка

Фотографическая разведка (ФР) позволяет фиксировать изображение объекта на материальном носителе – фотопленке, электронном ФПУ. ФР обладает существенными преимуществами перед другими видами разведки, поскольку она позволяет получать оптические изображения объектов с высокой степенью детальности.

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

Долгие годы, начиная с изобретения фотоаппаратов, изображение фиксировалось на пленке. В основе фиксирования лежали химические процессы изменения состояния веществ фотопленки под действием света. Свет, преобразованный оптической частью фотоаппарата, непосредственно воздействовал на фотопленку. Применение пленочных фотоаппаратов практически прекратилось, так как более удобные цифровые фотоаппараты не уступают по своим возможностям пленочным, но при этом обладают рядом преимуществ. Одним из них является возможность вести съемку в нескольких полосах длин волн (многоспектральную съемку).

На черно-белых снимках при ведении панхроматической съемки фиксируется энергия во всей видимой полосе.

Существующие методы цветной фотографии делятся на аддитивный и субтрактивный. Аддитивный способ, или способ сложения цветов, основанный на трёхцветовой теории зрения, даёт возможность получать все цвета и оттенки с помощью смешения (сложения) в определённых пропорциях трёх основных цветов: красного, зелёного и синего. Так, если одновременно проецировать на экран три различно окрашенных световых потока: красный, зелёный и синий, то

соответствующим подбором яркости этих потоков можно получить любой цвет.

Близкое расположение друг к другу тонких линий или точек различной цветности вызывает пространственное смешение цветов, при котором в глазу возникает соответствующее вышеуказанным законам цветовое ощущение. На принципе пространственного смешения цветов основан растровый способ цветной фотографии (рис. 2.13).

Смешиваемые цвета			Получаемый цвет
—	—	—	(Чёрный)
Красный	Зелёный	Синий	(Белый)
Красный	Зелёный	—	(Жёлтый)
Красный	—	Синий	(Пурпурный)
—	Зелёный	Синий	(Голубой)
Красный	—	—	(Красный)
—	Зелёный	—	(Зелёный)
—	—	Синий	(Синий)
Тёмно-красный	Тёмно-зелёный	Тёмно-синий	(Серый)

Рис. 2.13. Получение различных цветов аддитивным способом

Новое использование почти забытого способа цветной растровой фотографии произошла с появлением цифровых фотоаппаратов, в которой светочувствительным элементом является монохромная электронная матрица, отдельные элементы которой закрыты цветными светофильтрами.

Светофильтры располагаются в определенном порядке, который называется «фильтр Байера» и обычно состоит из трёх цветов — зелёного (таких элементов вдвое больше, чем остальных, что связано с особенностями зрения человека), красными и синими. И, хотя некоторые фирмы экспериментируют с добавлением фильтров дополнительных цветов (например, голубого), трёхцветная схема применяется в подавляющем большинстве аппаратов.

Шаблон Байера — двумерный массив цветных фильтров, которыми накрыты фотодиоды матриц (фото), и состоящий из 25 % красных элементов, 25 % синих и 50 % зелёных элементов, расположенных как показано на рис. 2.14.

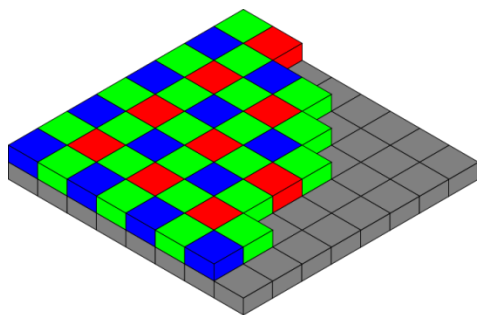


Рис. 2.14. Шаблон Байера

Матрица является устройством, воспринимающим спроецированное на него изображение. Поскольку полупроводниковые фотоприёмники примерно одинаково чувствительны ко всем цветам видимого спектра, для восприятия цветного изображения каждый фотоприемник накрывается светофильтром одного из первичных цветов: красного, зелёного, синего (цветовая модель RGB).

Вследствие использования фильтров каждый фотоприемник воспринимает лишь 1/3 цветовой информации участка изображения, а 2/3 отсекается фильтром. Для получения остальных цветовых компонент используются значения из соседних ячеек. Недостающие компоненты цвета

рассчитываются процессором камеры на основании данных из соседних ячеек в результате интерполяции (по алгоритму demosaicing) Таким образом, в формировании конечного значения цветного пиксела участвует 9 или более фотодиодов матрицы.

Многоспектральная съемка подобна цветной, но выполняется по-отдельности в различных поддиапазонах, включая ближний ИК. Изображения формируются в каждом поддиапазоне или в комбинированных поддиапазонах.

Одна из лучших многоспектральных камер для воздушной съемки - Leica ADS100 (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Основные технические характеристики камеры для воздушной съемки Leica ADS100

Наименование характеристики	Значение характеристики
Угол поля зрения переднего вида	65.2°
в надире	77.3°
заднего вида	72.5°
Фокусное расстояние, мм	62.5
Относительное отверстие объектива	1:4
Пазмер пиксела, мкм	5
Диапазоны длин волн съемки, нм	
красный	619–651
зеленый	525–585
голубой	435–495
ближний ИК	808–882

Фоторазведка с использованием цифровых камер (все в большей степени многоспектральных) ведется с космических, воздушных, морских носителей и с земли.

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.

В упрощенном виде функционирование аппаратуры ТВР описывается следующими параметрами и зависимостями (рассматриваются применительно к обнаружению космического объекта). Дальность обнаружения объекта равна

$$R = \frac{D_0}{2} \sqrt{\frac{2A_T E_{sol} \rho \eta \tau_{int}}{3\pi N_e q}}, \quad (2.3)$$

где q - отношение сигнал/шум;

$E_{sol} = 1,5 \cdot 10^{17} \text{ фт/с/см}^2$ – плотность потока фотонов солнечного света;

D_0 - диаметр апертуры аппаратуры ТВР;

A_T - площадь проекции объекта;

ρ - коэффициент отражения объекта;

η - коэффициент пропускания аппаратуры;

τ_{int} - время интегрирования;

N_e - пороговое отношение сигнал/шум, необходимое для обнаружения.

Инфракрасная видовая разведка

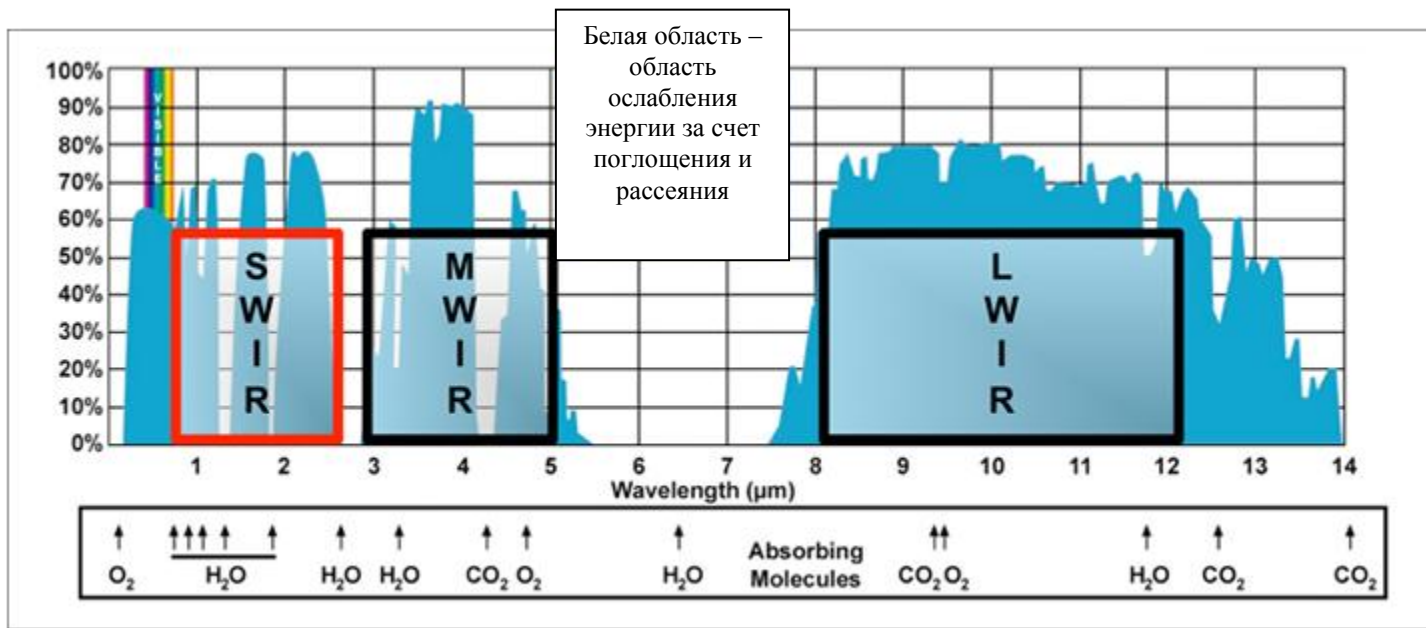
Инфракрасная видовая разведка (тепловизионная разведка) – добывание развединформации путем регистрации изображений, соответствующих распределению собственной тепловой энергии, излучаемой объектом.

Тепловизионная разведка может вестись в любое время суток (в частности, в темноте) и используется для обнаружения замаскированных объектов по их невидимому глазом тепловому излучению.

Тепловое излучение сильнее теряет энергию при распространении в атмосфере по сравнению с излучением в видимом диапазоне. На некоторых длинах волн оно вообще не проходит через атмосферу, так как рассеивается и поглощается на молекулах. Поэтому ИК-разведка ведется в нескольких дискретных поддиапазонах (полосах): коротковолновом, средневолновом, длинноволновом (рис. 2.15).

Проблемы создания разведаппаратуры, работающей в ИК-диапазоне, связаны с необходимостью обеспечить необходимую чувствительность при приемлемых массогабаритных характеристиках. По сравнению с аппаратурой, работающей в видимом диапазоне длин волн, ИК-аппаратура должна иметь площадь элементов ФПУ, пропорциональную увеличенной длине волны (до 10 мкм в ИК диапазоне против 0,5 мкм в видимом), чтобы обеспечить сравнимую чувствительность ФПУ. Для снижения шумов ФПУ, ограничивающих чувствительность, долгое время использовались технологии охлаждения ФПУ, что приводило к удорожанию и увеличению размеров ИК аппаратуры. Достаточно долго тепловизоры применялись с КА для обнаружения факелов работающих двигателей ракет, с самолетов, вертолетов, кораблей и военной техники. С развитием новых веществ и материалов тепловизоры стали доступны в носимом варианте.

Основные технические характеристики тепловизора Scout BTS Vi – Ocular представлены в табл. 2.9.



SWIR (short wave infra red) – коротковолновый ИК-диапазон
 MWIR (middle wave infra red) – средневолновый ИК-диапазон
 LWIR (long wave infra red) – длинноволновый ИК-диапазон

Рис. 2.15. Диапазоны длин волн ИК-излучения и проницаемость атмосферы

Таблица 2.9

Основные технические характеристики тепловизора
Scout BTS Vi - Ocular

Тип прибора	Бинокляр
Разрешение матрицы, пиксели	320×240
Фокусное расстояние объектива, мм	100
Дальность обнаружения фигуры человека, м	2075
Тип детектора	Микроболометр на основе оксида ванадия
Спектральный диапазон чувствительности, мкм	7,5 - 13,5
Поле зрения, градусы	5x3
Температурная чувствительность, мК	<50 при f/1,0 при +25°C
Частота обновления кадров, Гц	8,3
Диапазон ручной фокусировки	от 5 м до бесконечности
Диоптрийная настройка, диоптрии	+/-2
Увеличение, крат	1
Цифровое увеличение, крат	2
Обработка сигнала	Цифровое усиление деталей (DDE)
Время старта, с	<5
Дисплей	Цветной ЖК-дисплей VGA

Продолжение табл. 2.9

Тип прибора	Бинокляр
Палитра	Горячие объекты белого цвета, горячие объекты черного цвета, горячие объекты красного цвета
Возможность фото/видео съемки	Да
Гнездо под штатив	Да
Источник питания	4 батареи типа АА: перезаряжаемые NiMH, обычные Li-Ion или Alkaline
Время работы, ч	5
Габариты прибора, мм	279x165x67
Вес, г	1000

Дальность обнаружения космического объекта по его тепловому излучению определяется по формуле:

$$R_{\text{terr}} = \frac{D_0 F}{w} \sqrt{\frac{\tau_0 I_T}{SNR \cdot NETD \frac{\partial L}{\partial T}}}$$

где $NETD$ - эквивалентная шуму разность температур;

SNR - отношение сигнал/шум;

D_0 - размер апертуры аппаратуры ИКР;

F - фокусное расстояние аппаратуры ИКР;

τ_0 - коэффициент передачи оптики

w - размер квадратного детектора;

$IT = L_T A_T$ - интенсивность теплового излучения;

$\partial L / \partial T$ - дифференциальная излучательная способность.

Формирование многоспектральных и гиперспектральных изображений

Гиперспектральное изображение - это трехмерный массив данных (куб данных), который включает в себя пространственную информация (2D) об объекте, дополненную спектральной информацией (1D) по каждой пространственной координате. Иными словами, каждой точке изображения соответствует спектр, полученный в этой точке снимаемого объекта.

До появления техники записи гиперспектральных изображений для получения информации об объекте (участке местности) использовались мультиспектральные (многоспектральные) изображения, то есть наборы фотографий, полученные с помощью цветных светофильтров.

Для получения гиперспектральных изображений используются специальные гиперспектральные камеры, принцип действия которых можно понять из рис. 2.16.

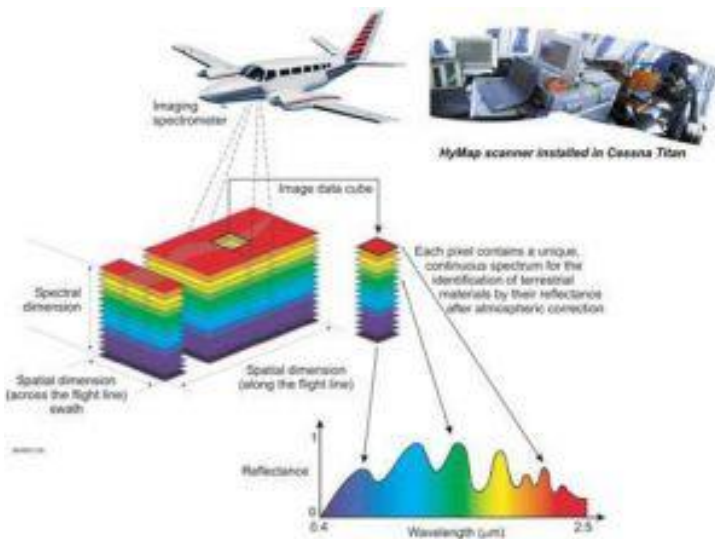


Рис. 2.16. Иллюстрация принципа работы гиперспектральной камеры

Лазерная видовая разведка

Под лазерной видовой разведкой понимается процесс получения изображений путем облучения объектов зондирующими оптическими сигналами с последующим формированием псевдоизображения на основе цифровой обработки принятых сигналов. Лазер измеряет расстояние до каждой точки объекта, и затем это расстояние отображается на снимке с соответствующей интенсивностью.

Основными преимуществами лазерной видовой разведки являются:

- высокая детальность изображения, определяемая длиной волны излучения;
- возможность получения изображения при любой (в том числе отсутствующей) освещенности объекта;
- возможность формирования объемных («голографических») изображений.

Для получения изображений используются лазерные сканеры различного вида и назначения, в том числе портативные и воздушные (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Внешний вид лазерных сканеров

Портативный сканер Focus 3D X 330 работает на расстоянии до 330 м. Ошибка измерения дальности ± 2 мм, вес 5,2 кг, размеры 24x20x10 см.

Длина волны зондирующего излучения лазера должна совпадать с окнами прозрачности атмосферы и лежать в области максимальной контрастности объектов разведки и фонов. Высота применения зависит от многих факторов: мощности лазера, чувствительности ФПУ, коэффициента ослабления лазерного излучения в атмосфере, угловой разрешающей способности системы и других параметров. Разрешающая способность лазерной системы определяется шириной зондирующего лазерного луча и углом поля зрения приемной оптики. Воздушное лазерное сканирование проводится в широком диапазоне высот от 500 до 9000 м над уровнем моря в зависимости от рельефа. Воздушный лазерный сканер Leica ALS70-СМ обеспечивает точность измерений 7-10 см по высоте и 5-15 см в плане в зависимости от высоты сканирования.

Принцип сканирования показан на рис. 2.18.

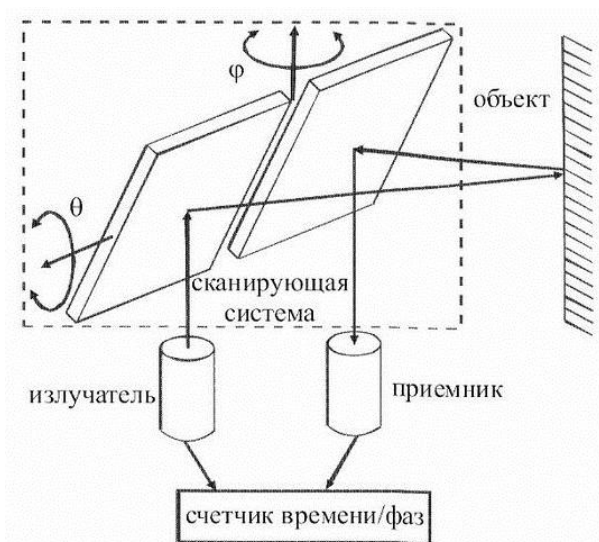


Рис. 2.18. Иллюстрация принципа лазерного сканирования

Импульсный метод измерения расстояний основан на измерении времени прохождения сигнала от приёмо-

передающего устройства до объекта и обратно. Зная скорость распространения электромагнитных волн c , можно определить расстояние как:

$$R = c \tau / 2, \quad (2.5)$$

где τ — время, измеряемое с момента подачи импульса на лазерный диод до момента приёма отражённого сигнала. Импульсный метод измерения расстояний по точности уступает фазовому методу. Это происходит потому, что фактическая точность каждого измерения зависит от ряда параметров, каждый из которых может оказать влияние на точность конкретного измерения. Таковыми параметрами являются:

- длительность и форма (в частности, крутизна переднего фронта) зондирующего импульса;
- отражательные характеристики объекта;
- оптические свойства атмосферы;
- текстура и ориентация элементарной поверхности объекта вызвавшей отражение зондирующего луча по отношению к линии визирования.

Фазовый метод измерения расстояний основан на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов. В этом случае расстояние вычисляется по формуле:

$$R = \varphi_{2R} c / (4\pi f), \quad (2.6)$$

где φ_{2R} – разность фаз между опорным и рабочим сигналом; f – частота модуляции. Режим работы фазоизмерительного устройства зависит от его температуры, с изменением которой незначительно изменяется фаза сигнала. Вследствие этого точное начало отсчета фазы определить нельзя. С этой целью фазовые измерения повторяются на эталонном отрезке (калибровочной линии) внутри прибора. Главное преимущество фазового метода измерения – более высокая точность, которая может достигать единиц миллиметров.

Радиолокационная видовая разведка

Изображения в радиодиапазоне получают с использованием РЛС бокового обзора (РЛС БО). РЛС БО размещают на воздушных носителях или на космических аппаратах. Антенна РЛС облучает электромагнитными волнами поверхность земли и принимает отраженные элементами этой поверхности сигналы. Форма диаграммы направленности антенны обеспечивает равномерность облучения всех элементов в пределах заданной площадки на поверхности земли. Очевидно, что с каждым из этих элементов можно сопоставить определенный элемент апертуры антенны. Апертурой называют поверхность раскрыва зеркальной антенны в плоскости раскрыва. Если бы все элементы площадки переизлучали энергию зондирующих сигналов в фазе, то в фокусе зеркальной параболической антенны они сложились бы в фазе, а энергия суммарного сигнала возросла во столько раз, сколько элементов содержится на площадке. Эту площадку можно было бы рассматривать как антенну с большой апертурой, синтезированную элементами площадки.

РЛС БО— когерентная импульсная РЛС. Когерентными называют РЛС, позволяющие сравнивать частоту и фазу зондирующих и принятых отражений импульсов. Принципы работы РЛС показаны на рис. 2.19.

Летательный или космический аппарат находится в точке «0», и пролетает с постоянной скоростью $V_{\text{п}}$ вдоль оси x' на высоте H . Передающее устройство работает в импульсном режиме. Ширина диаграммы направленности передающей антенны Q_a . Антенна наклонена к вертикали 00_1 , на так называемый «угол выноса» α_B . Благодаря этому, импульсными сигналами облучается площадка шириной L_3 и протяженностью L . Это и есть площадка, образующая синтезированную антенну. Интенсивность отражаемых элементами площадки сигналов определяется эффективной отражающей поверхностью каждого элемента $\sigma_{i,j}$, фазой отраженного сигнала $J_{i,j}$ (i, j – номер элемента на площадке S). Благодаря сферической расходимости падающей на площадку S волны $\sigma_{i,j}$ и $J_{i,j}$ для

каждого элемента $\Delta S_{i,j}$ индивидуальны и зависят от физических свойств площадки, фазового сдвига, накопленного при распространении волны. Ранее отмечалось, что в фокусе облучателя антенны сигналы суммируются.

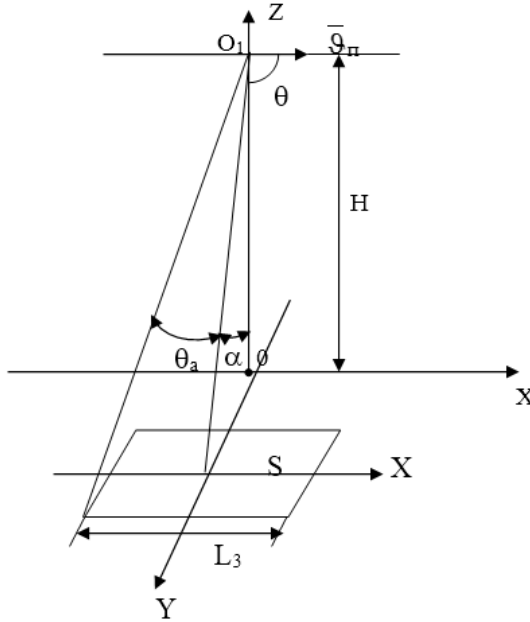


Рис. 2.19. Принципы работы РЛС БО

Очевидно, что при суммировании $n \times m$ сигналов можно было бы получить лишь некоторую среднюю, зависящую от отражающих свойств совокупности элементов энергию. Чтобы получить изображение, отраженные элементами сигналы необходимо предварительно упорядочить в пространстве времени приема и фазы. При этом должно быть выполнено следующее условие: суммироваться в каждый момент времени должны сигналы, отраженные одной и той же элементарной площадкой $\Delta S_{i,j}$ (рис. 2.20). Иными словами, в результате упорядочения все импульсы, излученные и отраженные за время пролета летательного аппарата на расстояние L должны быть просуммированы на позиции $\Delta S_{i,j}$, т.е. на каждой позиции должны

быть осуществлена свертка отраженных данным элементом импульсных сигналов. Как уже упоминалось, амплитуда и фаза каждого из них индивидуальна. Это значит, что для аппаратурного решения задачи упорядочения задерживающее устройство с N независимыми каналами ($N=m \times n$).



Рис. 2.20. Элементарный отражающий элемент площадки S

Создать такое устройство можно различными способами – с помощью оптико-электронных методов, с вычислительными машинами, имеющими большой объем оперативной памяти и высокое быстродействие и т. д. В настоящее время обычно предпочтение отдают когерентным оптико-электронным методам. В основе их лежит голография – запись и воспроизведение фазово-частотных портретов принимаемых отраженных сигналов. Регистрация таких портретов производится на борту летательных аппаратов. По прибытии самолета на базу голограммы доставляются на пункты сбора информации. С космических аппаратов информация «сбрасывается» по радиоканалу.

Основными характеристиками РЛС БО, определяющими их способность дальнего наблюдения за объектами, является их чувствительность (способность РЛС наблюдать объекты с малыми эффективными поверхностями рассеяния) и разрешающая способность (способность РЛС к детальному наблюдению мало-размерных объектов). Если первая из этих характеристик (эффективная поверхность) определяет главным образом возможности обнаружения объектов, то вторая – возможности их распознавания по размерам, форме, деталям конструкции и т. д.

Характеристики космических РЛС БО приведены в табл. 2.10.

Характеристики космических РЛС БО

Космический аппарат	Высота орбиты КА, км	Наклонение орбиты КА	Рабочая длина волны, см (частота, ГГц)	Режим функционирования РСА	Пространственное разрешение (азимут – дальность), м	Ширина полосы обзора (размер кадра), км
ERS-1	782×785	98,5°	(5,3)	–	30	100
ERS-2	782×798	98,54°				
ENVISAT-1	820	98,55°	7,69–4,84 (3,9–6,2)	7 избираемых полос	30	100
				Обзорный	100	400
				Глобальный	1000	400
JERS-1	567×569	97,7°	(1,275)	–	18	75
ALOS	700	98,1°	(1,275)	Высокое разрешение	5–10	70
				Низкое разрешение	–	250
Radarsat	743	98,6°	(5,263)	Стандартный	28×25	500
				Широкий обзор	28×35	300
				Высокое разрешение	9×10	200
				Обзорный	30×35	300
				Обзорный	50×50	300
				Обзорный	55×32	500
				Обзорный	100×100	500
				Экспериментальный	28×30	300
Экспериментальный	28×40	170				
Алмаз-1А	280	72,7°	(3)	–	15	30
Алмаз-1Б	400	–	3,5	–	5–7	20–35
			9,6	Детальный	5–7	30–55
				Промежуточный	15	60–70
				Обзорный	15–40	120–170
	70	–	20–40	120–170		
COSMO	600–650	98°	(9,65)	–	3	40
					6–12	100–120
COSMO-SkyMed 1	614,4×633	97,86°	3,1 (9,6)	В зависимости от требуемого разрешения	Менее 1	(10×10)
					3–15	40
					30	100
					100	200
Lacrosse	676×696	68°	(9,5–10,5)	Детальный	Менее 1	(2–4×2–4)
				Обзорный	2–3	(6–20×6–20)
					10–15	100
SIR-C/X-SAR (Space Shuttle)	233×240	57°	(5,298)	–	30×13–26	15–90
			(9,6)			15–40
			–			–
Osiris	600–800	90°	3	–	3–5	30–50
TerraSAR-X	507,7×512,5	97,45°	(9,65)	Прожекторный	1–2	(5–10×10)
				Маршрутный	3	(30×50)
				Обзорный	16	(100×150)
				Сверхдетальный	0,5–1	–

2.2. Сигнальная разведка

2.2.1. Радиоэлектронная разведка

Радиоэлектронная разведка (РЭР) – это техническая разведка, осуществляемая путем приема электромагнитных излучений в радиодиапазоне. Близкими (но не совпадающими) иностранными терминами являются «сигнальная разведка» (SIGINT) и «электронная разведка» (electronic reconnaissance).

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

РЭР включает в себя следующие виды разведки:

- радиоразведку, обеспечивающую перехват радиосигналов, выделение из них смысловых сообщений и определение координат и параметров средств связи (более общим иностранным термином является «разведка средств связи» - communication intelligence, COMINT, направленная на перехват сообщений всех видов связи, включая радиосвязь);

- радиотехническую разведку – разведку, обеспечивающую обнаружение, определение местоположения, измерение параметров и распознавание радиоэлектронных средств (близкий иностранный термин – «разведка электронных средств», ELINT, направленная на добычу информации о радиоэлектронных средствах, не предназначенных для связи);

- разведку ПЭМИН – разведку побочных излучений и наводок, вызываемых излучениями элементов средств вычислительной техники (близкий иностранный термин – «разведка побочных излучений», FISINT, направленная на перехват излучений радиоэлектронных средств различного назначения);

- радиолокационную разведку (видовую и параметрическую) – разведку, обеспечивающую обнаружение, определение местоположения и физических параметров

объектов, а также получение их изображений в радиодиапазоне;

- разведку сигналов, передаваемых по кабельным линиям связи (входит в COMINT).

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 недостижимость во многих случаях для средств поражения противника;

- позволяет получать большое количество самой разнообразной информации об объектах защиты.

Радиоэлектронная разведка ведется носителями, расположенными в космическом, воздушном, морском, наземном пространствах.

Радиолокационная разведка

Радиолокация – область науки и техники, объединяющая методы и средства локации (обнаружения и измерения координат) и определения свойств различных объектов с помощью радиоволн. Близким и отчасти перекрывающимся термином является радионавигация, однако в радионавигации более активную роль играет объект, координаты которого измеряются, чаще всего это определение собственных координат.

Радио и радиотехническая разведки

РРТР – пассивная разведка, осуществляемая для получения данных путем поиска, перехвата, пеленгования и анализа излучений РЭС связи (радиостанций),

радиотелеметрии и радионавигации. РРТР осуществляется с помощью специальных разведывательных станций, радиопеленгаторов и разведывательных комплексов.

Радиолокационная разведка

Основное техническое средство радиолокации – радиолокационная станция (РЛС, англ. radar).

Внешний вид регламента радиосвязи представлен на рис. 2.21. Основные определения, приведенные в нем:

- радиоопределение – определение местонахождения, скорости и/или других характеристик объекта или получение информации относительно этих параметров посредством свойств распространения радиоволн;

- радионавигация – радиоопределение, используемое для целей навигации, включая предупреждение о препятствиях;

- радиолокация – радиоопределение, используемое для целей, отличных от целей радионавигации;

- радиопеленгация – радиоопределение, использующее прием радиоволн с целью определения направления, в котором находится станция или объект.



Рис. 2.21. Внешний вид регламента радиосвязи

Внешний вид JP 1-02 (DoD) представлен на рис. 2.22. Основные определения, приведенные в нем:

- радар (radar – radio detection and ranging) – устройство для обнаружения радиоизлучения, которое обеспечивает получение информации о дальности, азимуте и/или возвышении объекта;

- радиолокационная разведка (radar reconnaissance) – разведка, осуществляемая с использованием радаров, в интересах получения информации о деятельности противника и определения характеристик подстилающей поверхности;

- радиолокационная развединформация (radar intelligence, RADINT) – информация, извлеченная из данных, собранных радаром.

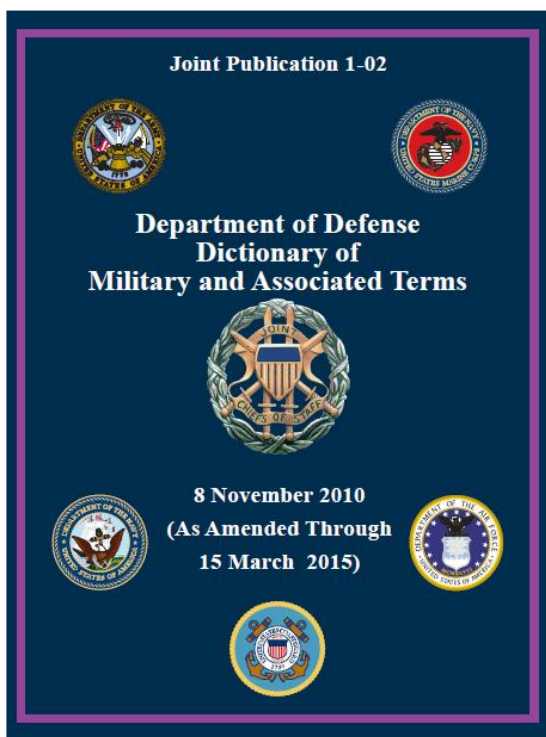


Рис. 2.22. Внешний вид JP 1-02 (DoD)

Выделяют два вида радиолокации:

1) пассивную радиолокацию, основанную на приёме собственного излучения объекта

2) активную радиолокацию, основанную на излучении радиолокатором своего собственного зондирующего сигнала и приеме его отражённым от цели. В зависимости от параметров принятого сигнала определяются характеристики цели.

Активная радиолокация бывает двух видов:

- с активным ответом — на объекте предполагается наличие радиопередатчика (ответчика), который излучает радиоволны в ответ на принятый сигнал. Активный ответ применяется для опознавания объектов (свой-чужой), дистанционного управления, а также для получения от них дополнительной информации (например, количество топлива, тип объекта и т. д.);

- с пассивным ответом — запросный сигнал отражается от объекта и воспринимается в пункте приёма как ответный.

Радиолокация основана на следующих физических явлениях:

- радиоволны рассеиваются на встретившихся на пути их распространения электрических неоднородностях (объектами с другими электрическими свойствами, отличными от свойств среды распространения). При этом отражённая волна, также, как и собственно, излучение цели, позволяет обнаружить цель;

- на больших расстояниях от источника излучения можно считать, что радиоволны распространяются прямолинейно и с постоянной скоростью, благодаря чему имеется возможность измерять дальность и угловые координаты цели;

- частота принятого сигнала отличается от частоты излучаемых колебаний при взаимном перемещении точек приёма и излучения (эффект Доплера), что позволяет измерять радиальные скорости движения цели относительно РЛС;

- пассивная радиолокация использует излучение электромагнитных волн наблюдаемыми объектами, это может

быть тепловое излучение, свойственное всем объектам, активное излучение, создаваемое техническими средствами объекта, или побочное излучение, создаваемое любыми объектами с работающими электрическими устройствами.

Диапазоны частот, используемые в радиолокации, представлены в табл. 2.11.

Электромагнитные волны (ЭМВ) распространяются в однородной среде прямолинейно с постоянной скоростью. Постоянство вектора скорости распространения ЭМВ в однородной среде, т. е. его модуля и направления, служит физической основой радиолокационных измерений. Действительно, благодаря этому дальность D и время распространения радиоволны (РВ) связаны прямой пропорциональностью, и если измерено время прохождения волны t_d между целью и РЛС, то становится известным и расстояние между ними: $D = ct_d$.

В общем случае без учёта потерь мощности в атмосфере, помех и шумов дальность действия системы можно определить следующим образом:

где P_n — мощность генератора;
 D_a — коэффициент направленного действия антенны;
 S_a — эффективная площадь антенны
 σ — эффективная площадь рассеяния цели
 $P_{n.min}$ — минимальная чувствительность приёмника.

При наличии шумов и помех дальность действия РЛС уменьшается.

Диапазоны частот, используемые в радиолокации

Диапазон	Этимология	Частоты	Длина волны	Примечания
HF	англ. <i>high frequency</i>	3-30 МГц	10-100 м	Радары береговой охраны, «загоризонтные» РЛС
P	англ. <i>previous</i>	< 300 МГц	> 1 м	Использовался в первых радарах
VHF	англ. <i>very high frequency</i>	50-330 МГц	0,9-6 м	Обнаружение на больших дальностях, исследования Земли
UHF	англ. <i>ultra high frequency</i>	300-1000 МГц	0,3-1 м	Обнаружение на больших дальностях (например, артиллерийского обстрела), исследования лесов, поверхности Земли
L	англ. <i>Long</i>	1-2 ГГц	15-30 см	Наблюдение и контроль за воздушным движением
S	англ. <i>Short</i>	2-4 ГГц	7,5-15 см	Управление воздушным движением, метеорология, морские радары
C	англ. <i>Compromise</i>	4-8 ГГц	3,75-7,5 см	Метеорология, спутниковое вещание, промежуточный диапазон между X и S
X		8-12 ГГц	2,5-3,75 см	Управление оружием, наведение ракет, морские радары, погода, картографирование среднего разрешения; в США диапазон 10,525 ГГц ± 25 МГц используется в РЛС аэропортов
K _u	англ. <i>under K</i>	12-18 ГГц	1,67-2,5 см	Картографирование высокого разрешения, спутниковая альтиметрия
K	нем. <i>kurz</i> - «короткий»	18-27 ГГц	1,11-1,67 см	Использование ограничено из-за сильного поглощения водяным паром, поэтому используются диапазоны K _u и K _a . Диапазон K используется для обнаружения облаков, в полицейских дорожных радарах (24,150 ± 0,100 ГГц).
K _a	англ. <i>above K</i>	27-40 ГГц	0,75-1,11 см	Картографирование, управление воздушным движением на коротких дистанциях, специальные радары, управляющие дорожными фотокамерами (34,300 ± 0,100 ГГц)
mm		40-300 ГГц	1-7,5 мм	Миллиметровые волны, делятся на два следующих диапазона
V		40-75 ГГц	4,0-7,5 мм	Медицинские аппараты КВЧ, применяемые для физиотерапии, а также аппараты для диагностики (например, по методу Фолля)
W		75-110 ГГц	2,7-4,0 мм	Сенсоры в экспериментальных авто

Эффект Допплера - изменение (смещение) частоты радиосигнала, отраженного от движущегося объекта. Смещение частоты (доплеровская частота) связано с радиальной скоростью движущегося объекта соотношением:

$$F_{\text{д}} = f \frac{2v}{c},$$

где f - частота излученного сигнала, Гц;

v - радиальная скорость объекта, км/ч;

c - скорость света, км/ч.

РЛР – активная разведка, 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).

РЛС, применяемые в разных странах в составе авиационных комплексов радиообнаружения и наведения, приведены на рис. 2.23.



Embraer R-99  Бразилия



Westland AEW.2 / AEW.5 / ASaC.7  Великобритания



Gulfstream G500 SEMA  Израиль



KJ-2000 Китай

Рис. 2.23. Самолеты и вертолеты ДРЛОУ различных стран

Разведка побочных электромагнитных излучений 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.

В связи с разведкой ПЭМИН используется термин TEMPEST. Эта аббревиатура имеет множество расшифровок. Она появилась в конце 60-х годов как название секретной программы Министерства Обороны США по разработке методов предотвращения утечки информации через различного рода демаскирующие и побочные излучения электронного оборудования. В Европе и Канаде применяется термин Compromising emanation (компрометирующее излучение).

В настоящее время термин TEMPEST не является аббревиатурой и применяется и как синоним компрометирующих излучений, и как название технологии, минимизирующей риск утечки секретной информации путем перехвата и анализа различными техническими средствами побочных электромагнитных излучений. В понятие TEMPEST входят также стандарты на оборудование, средства измерения и контроля. Довольно часто термин TEMPEST используется и в контексте описания средств нападения (TEMPEST-атака, TEMPEST-подслушивающие устройства). В принципе, это неправильно. TEMPEST предназначен для пресечения побочных излучений, а не для их использования. Однако, такое применение термина встречается довольно часто и не приводит к неправильному толкованию.

Для ведения разведки ПЭМИН используются радиоприемные устройства и электроизмерительная аппаратура.

2.2.2. Акустическая разведка

Акустическая разведка (**acoustic intelligence, ACINT**) – добывание развединформации путем сбора и обработки данных об акустических явлениях.

Акустическая разведка (АР) обеспечивает получение смысловой информации, содержащейся 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).

К акустическим явлениям, используемым при ведении АР, относятся:

- распространение звуковых колебаний в воздухе;
- распространение звуковых колебаний в материалах, из которых сделаны помещения и находящиеся в них объекты: стенах, ограждениях и т.п.;
- акустоэлектрические явления, состоящие в наведении в токопроводящих материалах электрических сигналов под воздействием облучающего их акустического сигнала;
- акустооптические явления, состоящие в модулировании оптического сигнала при облучении им поверхностей, вибрирующих под действием акустического сигнала;
- модуляция акустическим сигналом электромагнитных волн, распространяющихся в среде, где распространяется звук, в токопроводящих элементах, находящихся в поле акустического сигнала, а также в модуляции электромагнитного излучения радиоэлектронных средств, вызванного их облучением радиосигналами.

Для ведения АР используется разведаппаратура, функционирующая на различных физических принципах:

- микрофоны воздушной проводимости;
- вибропреобразователи;
- лазерные микрофоны;

- высокочастотные генераторы;
- токосъемники.

Акустическая речевая разведка ведется в диапазоне длин волн человеческой речи – от 100 Гц до 20 кГц.

Акустическая разведка (как речевая, так и сигнальная) ведется с использованием портативной носимой и возимой аппаратуры из мест, максимально удобных для перехвата речевых сигналов или для размещения возимой аппаратуры.

Гидроакустическая разведка

ГАР – добывание данных путем приема и анализа акустических сигналов, распространяющихся в водной среде.

ГАР применяется главным образом для слежения за кораблями и судами в нейтральных водах и в приграничной территории.

ГАР включает в себя:

- разведку гидроакустических шумовых полей, создаваемых работающими гребными винтами, различными двигателями и механизмами надводных кораблей (судов), надводных и подводных аппаратов и подводных лодок;

- гидролокационную видовую разведку, обеспечивающую получение изображений дна и объектов с использованием гидролокаторов;

- гидролокационную параметрическую разведку, обеспечивающую измерение координат и параметров движения кораблей (судов), надводных и подводных аппаратов и подводных лодок с использованием гидролокаторов;

- разведку гидроакустических сигналов, создаваемых гидроакустическими средствами различного назначения, используемыми в составе надводных кораблей и подводных лодок (средствами навигации, создания гидроакустических помех и др.);

- разведку звукоподводной связи, обеспечивающую перехват сообщений, передаваемых по каналам звукоподводной связи, а также определения тактических и технических характеристик систем звукоподводной связи.

По принципу использования энергии акустического излучения средства ГАР делятся на активные (гидролокаторы) и пассивные (шумопеленгаторы). 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.

В гидролокаторах и шумопеленгаторах прием полезных сигналов происходит на фоне гидроакустических помех различного происхождения.

Основными характеристиками аппаратуры ГАР являются:

- рабочая частота;
- акустическая мощность (для гидролокаторов);
- ширина ДН акустической антенны;
- диапазон рабочих частот;
- пороговая чувствительность приемника

гидроакустических сигналов.

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.

2.3. Параметрическая разведка

Акустическая сигнальная разведка

Акустическая сигнальная разведка, направленная на добывание информации о возможных ядерных испытаниях, ведется инфразвуковыми станциями, расположенными по всему миру. Акустическая сигнальная разведка ведется в диапазоне длин волн, присущем разведываемому объекту.

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

Для ведения акустической сигнальной разведки используются:

- геофонные датчики, измеряющие сейсмические волны;
- частотные анализаторы и спектрометры, обеспечивающие определение АЧХ источников акустических шумов.

- 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.

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 мили- 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 значительна по сравнению с ИК диапазоном.

Радиационная разведка

Радиационная разведка (РДР) – добывание развединформации путем 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.

РДР ведется с использованием пробоотборной и анализирующей аппаратуры и дистанционной аппаратуры.

Аппаратура отбора радиоактивных проб почвы, воды и воздуха 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.

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 нейтронам 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.

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, термолюминесцентные, 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.

Химическая разведка

Химическая разведка (ХР) – добывание информации путем анализа химического состава окружающей среды.

ХР ведется с помощью аппаратуры, обеспечивающей контактный анализ проб и дистанционный анализ состава атмосферы и веществ, сопутствующих функционированию объектов.

Аппаратура ХР контактного анализа включает приборы химического анализа различных принципов действия: Применение приборов контактного анализа позволяет определить химический состав веществ непосредственно в районе разведки или в лаборатории после отбора пробы и ее доставки к месту обработки.

Аппаратура ХР дистанционного анализа 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).

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 $(2 \div 5) \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{ч}$ 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 $10^{-5} \div 10^{-6} \text{ мг/л}$.

Разведка с применением аппаратуры в стационарном

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. С помощью таких приборов могут быть обнаружены и определены более 70 различных химических элементов и их соединений.

Сейсмическая разведка

Под сейсмической разведкой (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 сейсморегирующие каналы с воспроизводимой (промежуточной) и с невозпроизводимой 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.

Невозпроизводимая регистрация исключает возможность применения аппаратурных средств выделения полезных сигналов при обработке. Поэтому сейсморегирующий 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 сейморазведочную 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.

Магнитометрическая разведка

Под магнитометрической разведкой (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;

- определение «магнитных портретов» объектов и проведение их классификации.

Для решения указанных задач аппаратура ММП 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 (Гс), в системе СИ - тесла (Т); $1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Т}$.

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

Напряженность магнитного поля рассматривается в физике как вспомогательный вектор, но в ММП 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 $1 \text{ нТ} = 10^{-9} \text{ Т}$.

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).

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 приращение модуля полного вектора. Эти приборы по сравнению с z - магнитометрами имеют меньшие погрешности измерений.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ, ВЫДЕЛЕННЫХ ПО ВИДУ ПРОСТРАНСТВА

3.1. Космическая разведка

Космическая разведка (КР) является одним из основных видов ТР, который обеспечивает реализацию таких принципов ведения разведки, как глобальность, оперативность и непрерывность (рис. 3.1).

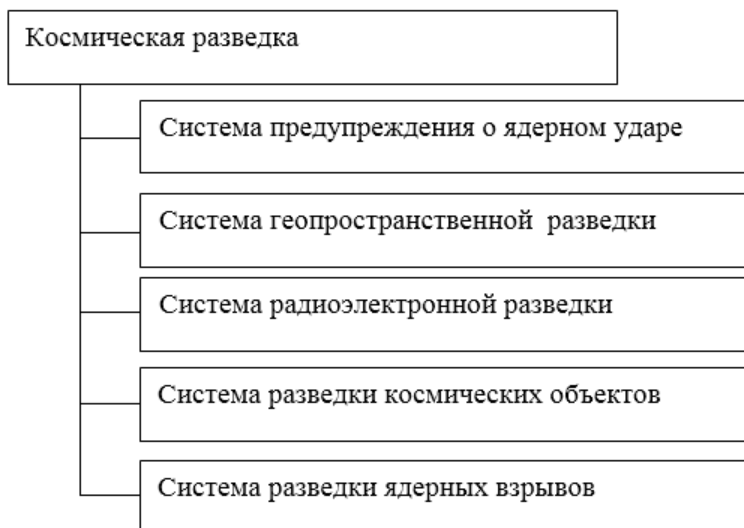


Рис. 3.1. Основные системы космической разведки

В настоящее время (2015 год) средствами космической разведки обладают множество государств. «Космические державы» имеют собственные полигоны и средства запуска космических аппаратов. Другие страны заказывают КА и их запуски у «космических держав».

К 2015 году из космоса (в отношении земли) и в космосе ведется ТВР, ИКР, РЛР, РРТР, ХР, РДР, ЛР.

Первыми «космическими державами» были СССР и США.

В 1950-х годах президент США Двайт Эйзенхауэр утвердил программу разработки и применения разведывательных систем, которые включали высотные аэростаты, самолеты и КА, предназначенные для ведения стратегической разведки против Советского Союза, Китая и других потенциальных противников США. Для реализации этой программы была создана сверхсекретная организация – Национальное разведывательное управление (National Reconnaissance Office).

Основными функциями КР с самого начала были:

- обеспечение предупреждения о ракетно-ядерном ударе;
- съемка внутренней территории зарубежных государств;
- ведение разведки радиоэлектронных средств, включая средства связи.

Первыми разведывательными КА стали КА РРТР «GRAB» и его последователь «POPPY», специально предназначенные для сбора данных о советских РЛС ПВО. Это были низкоорбитальные КА – «ферреты» («хорьки»), имевшие небольшой период обращения вокруг Земли.

В августе 1960 года США запустили первый спутник-фоторазведчик «CORONA», с которого фотопленка была сброшена и успешно подхвачена в атмосфере над Землей. Линейное разрешение на местности последовательно запускаемых КА ФР постоянно улучшалось и было отведено до единиц см. Одновременно использовалось несколько типов РА – с низким и высоким разрешением. КА с низким разрешением использовались для широкого охвата территорий (при большой полосе обзора), КА с высоким разрешением – для получения детальных снимков наиболее важных объектов. Первые КА имели длительность активного существования (длительность нахождения на орбите с момента запуска до окончания использования) несколько дней, потом недель, потом – месяцы. В настоящее время длительность активного существования КА

видовой разведки составляет около 7 лет, других КА – еще больше.

Первыми странами, начавшими освоение космоса, являлись СССР и США. В настоящее время более десятка стран используют или планируют использовать системы и средства космической разведки. Среди них: США, Китай, Франция, Япония, Германия, Индия Италия, Республика Корея, Испания, Турция, Канада. Имеют свои КА также Алжир, Египет, Нигерия, ОАЭ, Казахстан, Венесуэла, Чили, Бразилия, Таиланд.

За истекший период ведения КР сменилось несколько поколений разведаппаратуры и КА, предназначенных для решения различных разведывательных задач. К 2015 году сложилась система космической разведки, включающая КА следующего назначения.

Слежение за пусками ракет и обеспечение ПКО и ПРО

Первыми КА, применяемыми для решения данной задачи, были КА США, разработанные по программе «Мидас», и сменившие их КА системы DSP («IMEWS» (табл. 3.1)). Эти КА выводились на геосинхронные орбиты и оснащались ИК-аппаратурой, предназначенной для обнаружения факелов ракет на фоне холодного космоса.

Таблица 3.1

Характеристики КА IMEWS

Модели КА IMEWS	Экспериментальные	Усовершенствованные	MOS/PIM	SED	DSP-I
Годы запуска	1970-1973	1975-1977	1979-1984	1984-1987	С 1989
Количество запущенных КА	4	3	4	2	3
Расчетная (действительная) продолжительность активного существования, лет	1.5 (3)	3 (5)	3 (5)	5 (7)	5-7 (7-9)
Вес КА, т	0.9	1.04	1.2	1.68	2.38
Количество детекторов в ФПУ	2000	2000	2000	6000	6000
Длина волны, мкм	2.7	2.7	2.7	2.7 и 4.3	2.7 и 4.3
Основные этапы реализации решаемых задач	Разработка системы обнаружения МБР (включая ракеты морского базирования)	Расширение зоны наблюдения запусков	Глобальный мониторинг запусков МБР (включая морские), оперативно-тактических, тактических и ракет других классов		

На смену системе DSP США развернули и продолжают совершенствовать новую систему SBIRS (рис. 3.2-3.4), включающую несколько эшелонов и типов КА:

- КА на геостационарной орбите (до 6 штук в перспективе);
- КА на высокоэллиптической орбите (до 4 в перспективе);
- КА на низких орбитах (до 24 в перспективе).

КА этой системы оснащены ИК-аппаратурой, осуществляющей постоянное наблюдение за областью обзора и просмотр определенных участков, в случае обнаружения объектов – слежение за ними.

КА ИКР-П могут обнаруживать не только яркие факелы ракет, но самолеты.

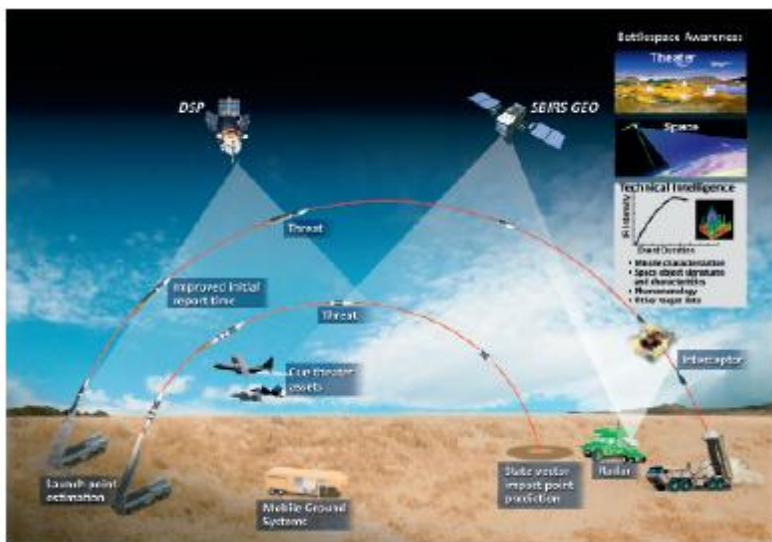


Рис. 3.2. Схема взаимодействия средств системы SBIRS

Для КА системы SBIRS фирма BAE разработала ИК ФПУ, содержащие решетку (432x432) элементов для слежения за выбранной областью и линейку (786x6) элементов для сканирования области наблюдения.

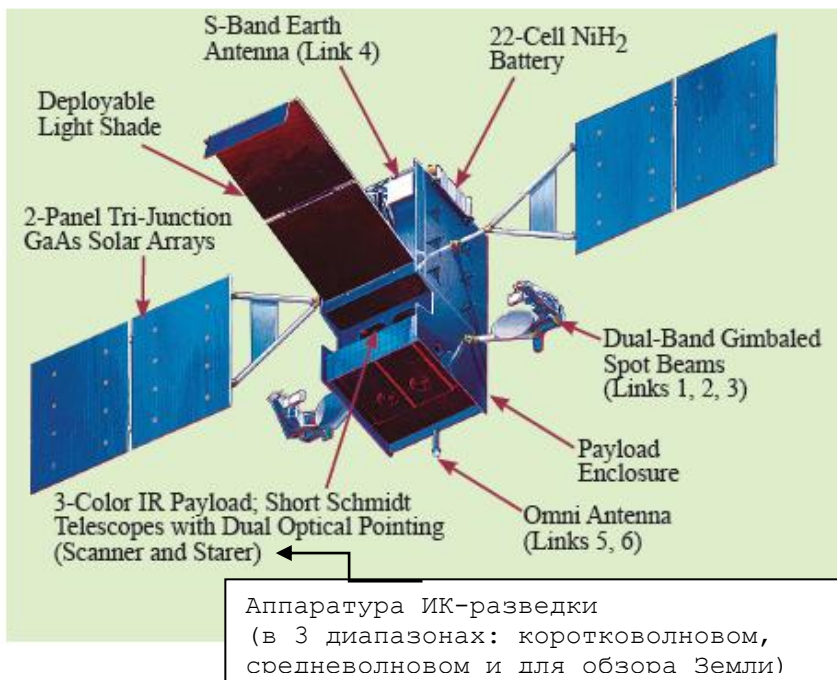


Рис. 3.3. Схематическое изображение КА системы SBIRS

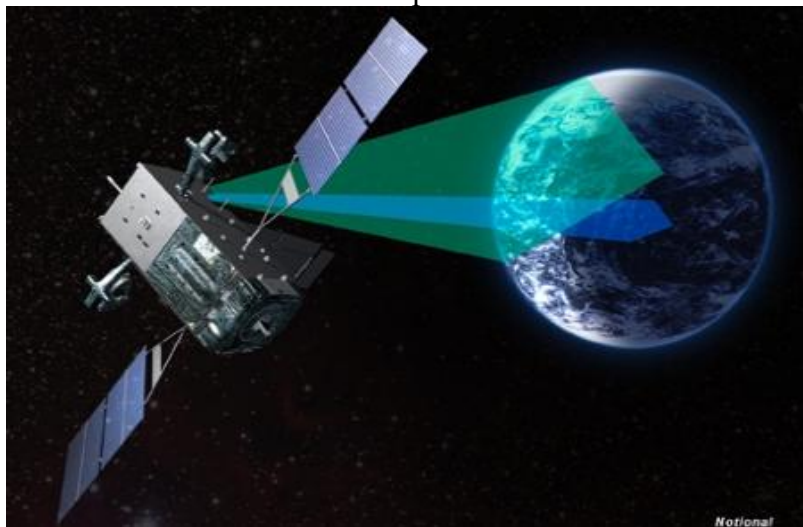


Рис. 3.4. Схема применения аппаратуры наблюдения системы SBIRS двух видов: следящей и сканирующей

Видовая космическая разведка

Для ведения видовой космической разведки используются КА ТВР, ИКР, РЛР.

Первыми КА, применяемыми для решения данной задачи, были КА фоторазведки США, известные под наименованиями «Корона», «Гамбит», «Кихоул-9», разработанные по программам «SAMOS» и другим программам с условными наименованиями, ставшими доступными в открытой печати. Эти КА сбрасывали отснятую фотопленку на Землю. Изображения имели высокое качество, но периодичность наблюдения и, главное, оперативность, не устраивали потребителей. Затем КА ФР были заменены на КА ТВР, которые в скором времени стали получать снимки с таким же разрешением, что и КА ФР, но при этом передавали изображения на Землю по радиоканалу. К аппаратуре, работающей в видимом диапазоне, была добавлена аппаратура в ИК-диапазоне для съемки в темноте. Линейное разрешение на местности ИК-снимков приблизительно в 4 раза больше (хуже), чем черно-белых снимков.

В настоящее время для ведения видовой разведки используются КА разведывательных ведомств и КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), имеющие двойное назначение. Разведывательные КА США «Кихоул-12», оснащенные аппаратурой ТВР, до 2015 года обладали лучшими возможностями по ведению детальной разведки по сравнению со всеми остальными разведывательными КА. Данные о последних запусках «Кихоул-12» приведены в табл. 3.2.

Расчеты показывают, что предельное линейное разрешение на местности, обеспечиваемое КА «Кихоул-12», составляет около 15 см.

Таблица 3.2

Данные о последних запусках «Кихоул-12»

Официальное обозначение	Дата запуска	Условное наименование	Параметры орбиты	Вид орбиты
USA-129	20 декабря 1996	NROL-2	292 km × 894 km, $i=97.7^{\circ}$	западная
USA-161	5 октября 2001	NROL-14	309 km × 965 km, $i=97.9^{\circ}$	восточная
USA-186	19 октября 2005	NROL-20	256 km × 1006 km, $i=97.9^{\circ}$	
USA-224	20 января 2011	NROL-49	290 km × 985 km, $i=97.9^{\circ}$	восточная
USA-245	28 августа 2013	NROL-65	260 km × 1007 km, $i=97.9^{\circ}$	западная

Высокими возможностями обладают также КА ДЗЗ. Одним из лучших среди них является КА США «WorldView-3» (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Снимок, полученный КА WorldView-3

Линейное разрешение снимков, получаемых данным средством, составляет 30 см, что соответствует значению шкалы NIRS 5,7. На нем используется также ИК аппаратура коротковолнового диапазона.

К 2015 году съемку из космоса стали вести в многоспектральном режиме, что обеспечивает получение дополнительной информации (в частности, позволяет выявлять замаскированные объекты и получать данные о покрытиях объектов).

Основными тенденциями развития средств видовой КР являются:

- повышение периодичности наблюдения заданного района;
- повышение скрытности разведывательных КА;
- удешевление КА и их запусков.

На орбиту выводится все большее количество малых и миниатюрных КА, которые обеспечивают получение снимков в видимом диапазоне с линейным разрешением на местности около 1 м при габаритах менее 0,5 м. Таких КА предполагается запускать десятками.

С конца 20 века очень быстро началось наращивание группировки КА РЛР, обеспечивающих ведение всепогодной (и независимой от времени суток) разведки. Линейное разрешение на местности РЛР достигает менее 0,5 м.

КА, оснащенные РЛС, гораздо больше по размерам и стоимости, чем типовых КА ОЭР. Большое количество таких КА связано с колоссальными финансовыми затратами. Для получения высокого разрешения применяются антенные конструкции размером до 150 м.

Для ведения видовой РЛР из космоса использовались КА типа «Лакросс», на которых устанавливались однопозиционные многолучевые РЛС с синтезированной апертурой, работающие в сантиметровом диапазоне, и однопозиционные однолучевые РЛС бокового обзора с синтезированной апертурой, работающие в дециметровом диапазоне.

Основные данные по КА «Лакросс» и его аппаратуре приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Основные данные по КА «Лакросс» и его аппаратуре

Наименования характеристик	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, см	3,5; 5,2 и 23,2
Линейное разрешение, м	3-15 м - обзорный режим 1,0 м - детальный режим

Радио- и радиотехническая разведка

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

Для ведения РРТР используются следующие орбиты КА:

- низкие полярные круговые – обеспечивают периодический обзор всего Земного шара;
- высокоэллиптические – обеспечивают длительное наблюдение за зоной обзора, включая арктическую зону;
- геостационарные – обеспечивают постоянное наблюдение за зоной обзора.

Технические характеристики средств космической РРТР, использовавшихся в 20 веке, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Технические характеристики КА РРТР

Наименование характеристики	Значение характеристики для КА типов				
	«Феррет»	«НОСС»	«Джампит»	«Аквакейд»	«Вортекс»
Высота перигея/апогея, км	700/800	1100/1100	700/39000	36000/38000	36000/38000
Наклонение, град	94-96.6	63,7	63	3-4	5-7
Период обращения, мин	94,7 –97,6	108	720 (12 ч)	24ч.	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.	Круглосуточно	Круглосуточно
Частота обзора в сутки	4	8	2	постоянно	постоянно

США в разное время запускали КА РРТР различных типов и назначения, известные под разными условными наименованиями: Saint, Samos F-2, Samos F-3, Program 102, Program 698, Program 706, Program 770 и Program 704. Их масса составляла около 1500 кг, длина 11.75 м и диаметр 1.5 м. Обычно их запускали на полярную круговую орбиту с высотой 500 км. За этими КА закрепилось название Poppy. ВМФ США имеет свою собственную систему КА РТР. Первые КА были раскредитованы в 2005 году под названием Poppy. КА этой системы были предназначены для сбора данных о советских РЛС морского базирования. Считается, что к системе Poppy относились КА, ранее известные как Ferret-3, Calsphere-1, Radose, Solrad-5B, Solrad-6B или Ferret-12, GGSE-4, Ferret-24.

По данным некоторых источников эти КА относились к системе НОСС (NOSS – Naval Ocean Surveillance System). В системе НОСС использовались группы КА, имевшие специфическую структуру: один тяжелый аппарат и несколько маленьких, которые были соединены тросами с большим. На орбите одновременно находилось до 3 таких группы. Мнения об аппаратуре, установленной на КА системе НОСС, до сих пор расходятся. Одни специалисты считают, что использовалась аппаратура РРТР, другие – что на больших КА использовалась аппаратура ИКР и РЛР. Маленькие КА, как считают специалисты, использовались для ведения РР триангуляционным методом.

КА системы НОСС, известной также под наименованием White cloud, выводились на орбиты высотой 1600 км с наклоном 63° и разнесом 120° . Маленькие КА были известны под названиями SS, SSU, GB, EP, или JD. Они некоторое время включались в официальный список КА США, затем стали обозначаться как фрагменты.

В настоящее время к КА системы ВМС США относят КА Intruder, запускаемые парами на круговую орбиту высотой 1100 км и наклоном 63° .

К КА РРТР США относят также КА типов Canyon, Chalet и Vortex. КА Canyon рассматриваются как КА РР. Они

выводились на квазистационарные (высокоэллиптические) орбиты с высота между 30 000 км и 42 000 км и наклоном от 3° до 10°. Считается, что при приеме излучений с разных направлений эти КА обеспечивали измерение координат объектов триангуляционным методом.

Считается, что эти КА, разрабатываемые по программам 827 и AFP-827 ВВС США, имели диаметр 1,5 м, были оснащены одной или более антеннами диаметром 3 м или одной антенной диаметром 10 м.

КА типов Rhyolite (или RH), Magnum, Orion

КА Rhyolite (программа 720, AFP-720) выводились на геосинхронные орбиты и были специально предназначены для перехвата телеметрических сигналов во время испытательных пусков ракет. КА имели вес 278 кг, а на орбите раскрывалась антенна диаметром 29 м. Когда в открытую печать просочилось наименование Rhyolite, КА были переименованы в Aquacade. В системе использовались 2 КА.

КА Rhyolite были заменены на КА Magnum, имевшие длину 10.84 м, диаметр 3.55 м и массу 3600 кг. Следующее поколение КА известно под названием Orion (Mentor).

КА типов Jumpseat (программа 711, код 980), Advanced Jumpseat, Trumpet, Prowler выводились на высокоэллиптические орбиты для перехвата сообщений, передаваемых через советские, а затем российские связные спутники «Молния».

Считается, что КА Trumpet и Prowler имеют диаметр антенн 90 м. Спутники «Джампсит» запускались 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.

Как видно из истории развития КА, они выводились все с большими по размеру антеннами.

КА РРТР имеют также Франция («Элиза»), Китай и другие государства.

Обнаружение ядерных взрывов

КА Vela системы Vela Hotel запускались с 1963 по 1970 год для обнаружения ядерных взрывов в атмосфере Земли. Эти КА были оснащены аппаратурой РДР. КА запускались на орбиты высотой 112 000 км и наклоном 35° парама с разнесом 180 град. Первые КА имели по 18 детекторов, следующие – дополнительно аппаратуру, работающую в ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Затем на КА следующего поколения устанавливалась аппаратура обнаружения оптического и электромагнитного излучений. Позже аппаратура обнаружения ядерных взрывов устанавливалась на КА РРТР и навигационные.

Для ведения радиационной разведки используются КА с аппаратурой разведки «Иондс» (Integrated Operational Nuclear Detection System, IONDS) Аппаратура «Иондс» обеспечивает получение данных об энергетических и пространственно-временных характеристиках всех видов излучений, сопутствующих ядерным процессам, в инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах длин волн.

КА «Навстар-2» в настоящее время относятся к системе GPS.

GPS (англ. Global Positioning System — система глобального позиционирования, читается Джи Пи Эс) — спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Позволяет в любом месте Земли (исключая приполярные области), почти при любой погоде, а также в околоземном космическом пространстве определять местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США, при этом в настоящее время доступна для использования для гражданских целей — нужен только навигатор или другой аппарат (например, смартфон) с GPS-приёмником.

Основной принцип использования системы — определение местоположения путём измерения моментов времени приема синхронизированного сигнала от навигационных спутников антенной потребителя. Для определения трёхмерных координат GPS-приёмнику нужно иметь четыре уравнения: «расстояние равно произведению скорости света на разность моментов приема сигнала потребителем и момента его синхронного излучения от спутников»: $|x - a_j| = c(t_j - \tau)$.

Здесь: a_j — местоположение j -го спутника, t_j — момент времени приема сигнала от j -го спутника по часам потребителя, τ — неизвестный момент времени синхронного излучения сигнала всеми спутниками по часам потребителя, c — скорость света, x — неизвестное трехмерное положение потребителя.

Спутниковая группировка системы NAVSTAR обращается вокруг Земли по круговым орбитам с одной высотой и периодом обращения для всех спутников. Круговая орбита с высотой порядка 20 200 км является орбитой суточной кратности с периодом обращения 11 часов 58 минут; таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звёздные сутки (23 часа 56 минут). Наклонение орбиты (55°) является также общим для всех спутников системы. Единственным отличием орбит спутников является долгота восходящего узла, или точка, в которой плоскость орбиты спутника пересекает экватор: данные точки отстоят друг от друга приблизительно на 60 градусов. Таким образом, несмотря на одинаковые (кроме долготы восходящего узла) параметры орбит, спутники обращаются вокруг Земли в шести различных плоскостях, по 4 аппарата в каждой.

Спутники GPS, помимо того, что обеспечивают глобальное позиционирование или, например, общее точное время, ещё и служат платформой для системы обнаружения ядерных взрывов (другая часть этой же системы находится на несвязанных с GPS геостационарных спутниках). Система,

прежде всего, нацелена на мониторинг атмосферных и наземных испытаний, но, в теории, может служить и для детектирования подземных взрывов.

3.2. Воздушная разведка

Воздушная разведка ведется с целью наблюдения за обстановкой в нейтральных водах, а также для разведки объектов в приграничных районах и внутри зарубежных территорий. Ее преимуществами являются оперативность и возможность применения аппаратуры, необходимой для решения конкретной задачи. Основные средства воздушной разведки представлены на рис. 3.6.

В нейтральных водах воздушная разведка ведется всеми приграничными государствами, а также США и странами НАТО, размещающими свои средства на территории своих союзников.



Рис. 3.6. Основные средства воздушной разведки

Стремление проникнуть через государственные границы служило основным толчком к развитию стратегической разведывательной авиации в период «холодной войны» (рис. 3.7-3.10).



Рис. 3.7. Воздушный шар, предназначенный для ведения фоторазведки территории СССР (разрабатывался в США по программе Genetrix)



Рис. 3.8. Самолет стратегической разведки U-2, применявшийся для ведения разведки территории СССР



Рис. 3.9. Снимок советских ракет класса «земля-воздух», установленных на Кубе, сделанный с самолета U-2



Рис. 3.10. Сверхзвуковой самолет стратегической разведки, использовавшийся в 20 веке

Lockheed SR-71 — стратегический сверхзвуковой разведчик ВВС США. Неофициально был назван «Blackbird» (рус. Чёрный дрозд, Чёрная птица). Особенности данного самолёта являются высокая скорость и высота полёта, благодаря которым основным манёвром уклонения от ракет было ускорение и набор высоты. Самолёт эксплуатировался с 1964 по 1998 годы. Во время холодной войны выполнял разведывательные полёты над территорией СССР (на Кольском полуострове) и Кубы. Кроме того, в период базирования на Японских островах регулярно нарушал советское воздушное пространство, в отдельные сутки совершая до 8–12 подходов к воздушным границам страны.

Современная версия самолета U-2 оснащена многоспектральной аппаратурой, работающей в 7 диапазонах. Упрощенная версия этой аппаратуры показана на рис. 3.11, 3.12.

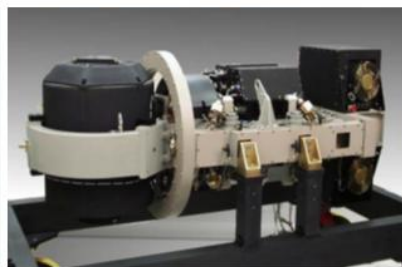


Рис. 3.11. Самолет U-2 и его оптико-электронная аппаратура



Рис. 3.12. Упрощенная версия оптико-электронной аппаратуры воздушной разведки

Самолеты стратегической разведки США RC-135 создавались для ведения различных видов разведки в нескольких модификациях: для слежения за испытательными пусками ракет (Cobra Ball со специальной ИК-аппаратурой параметрической разведки), для ведения радиоэлектронной разведки приграничных районов, для ведения видовой разведки.

Все больший приоритет получает развитие беспилотных средств воздушной разведки стратегического тактического назначения (рис. 3.13).



Рис. 3.13. БПЛА RQ-4В

Радиолокационная разведка ведется специализированными самолетами ДРЛОУ (дальнего радиолокационного обнаружения и управления) системы AWACS (рис. 3.14), а также другими самолетами, оснащенными РЛС (рис. 3.15).



Рис. 3.14. Самолет системы АВАКС



Рис. 3.15. Самолет EP 3 «Орион» радиоэлектронной разведки постоянно ведет разведку морских акваторий

Современная разведывательная аппаратура имеет все меньшие размеры и большие возможности (рис. 3.16-3.19).



Рис. 3.16. Аппаратура воздушной видовой разведки



Рис. 3.17. Аппаратура разведки лазерных излучений



Рис. 3.18. Аппаратура разведки БПЛА «Глобал Хок»

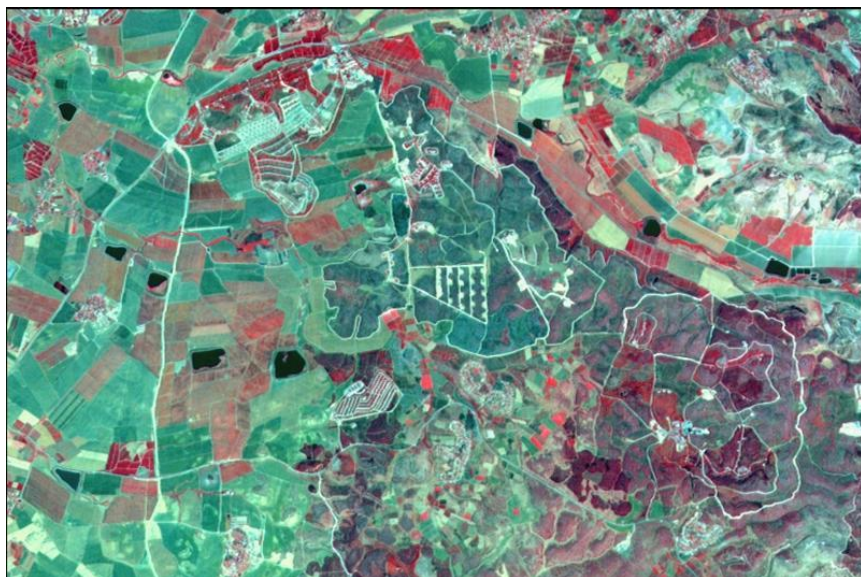


Рис. 3.19. Многоспектральное изображение

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, различной по принципу действия разведывательной аппаратурой и имеют возможность

установки контейнеров со сменной аппаратурой (рис. 3.20).



Рис. 3.20. Контейнеры с разведаппаратурой

3.3. Морская разведка

Морская разведка ведется с использованием средств, размещаемых в нейтральных водах и в акваториях открытых для захода иностранных кораблей и судов портов.

Целями морской разведки являются: слежение за обстановкой в Мировом океане (в первую очередь за подводными лодками), в прибрежных зонах, ведение наблюдения за воздушно-космическим пространством (в первую очередь в интересах ПРО и ПКО), в отдельных случаях – ведение разведки объектов, расположенных внутри территории разведываемых государств.

Одной из важнейших задач является слежение за испытательными пусками баллистических ракет.

Морская разведка ведется с использованием множества средств (рис. 3.21).

Для ведения морской разведки используется аппаратура, относящаяся к следующим видам разведки: РЛР, РРТР, ТВР, ИКР, ЛР, ГАР, ММР, СМР, ХР, РДР.

Радиолокационная разведка ведется во время испытательных пусков баллистических ракет наземного и

морского базирования, а также в другое время для слежения за воздушной и надводной обстановкой.

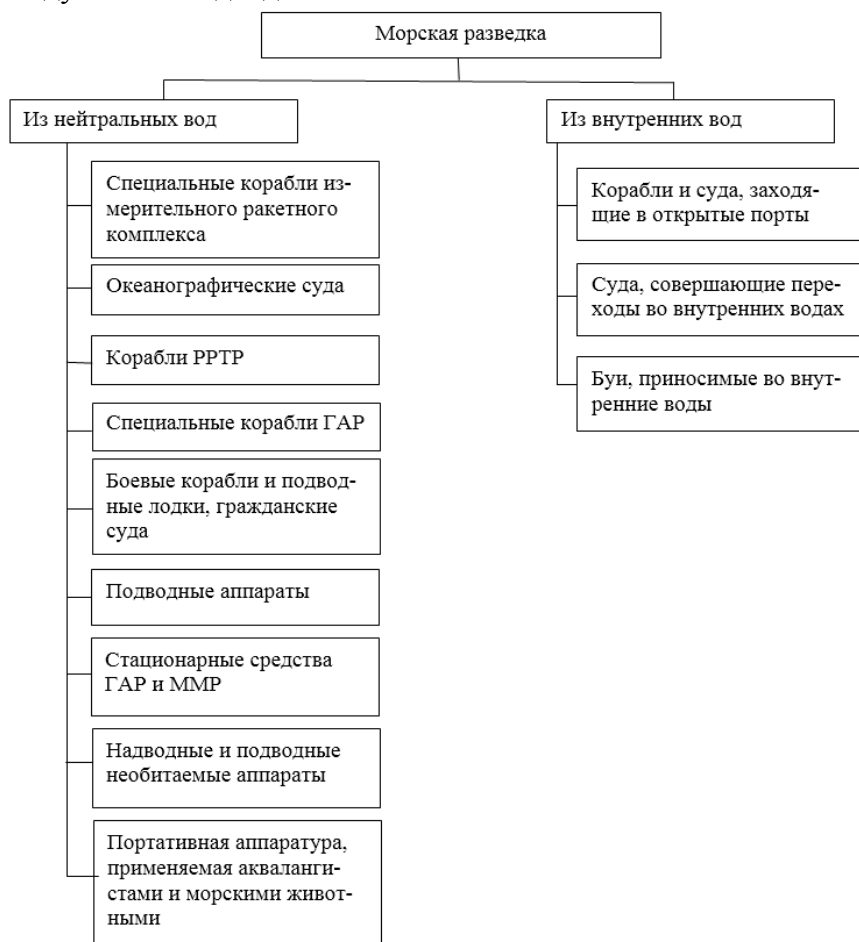


Рис. 3.21. Средства морской разведки

Для ведения РЛР используются специализированные корабли слежения, корабли системы ПРО, а также другие корабли и суда с установленной на них радиолокационной аппаратурой.

Корабли слежения и измерения дальности ракет (Missile Range Instrumentation Ships, Range Ships, or Tracking Ships)

применяются во время испытаний баллистических ракет. К таким кораблям относятся:

USNS Waters (T-AGS-45), 1991 – до настоящего времени (2015 год);

USNS Invincible (T-AGM-24), 2000 – до настоящего времени (2015 год);

USNS Howard O. Lorenzen (T-AGM-25), 2012 – до настоящего времени (2015 год).

Ранее использовались корабли других типов (рис. 3.22, 3.23).



Рис. 3.22. Пуск МБР, оснащение МБР головными частями



Рис. 3.23. Старинный корабль слежения «Обзерввейшн Айлэнд» (USNS Observation Island , T-AGM-23)

Они предназначены для ведения разведки испытываемых российских МБР при их пусках в район Камчатки и в акваторию Тихого океана и обеспечивают сопровождение элементов боевого порядка МБР, измерение координат и скорости, радиолокационных и оптических характеристик, а также перехват телеметрической информации. Корабли оснащены радиолокационными комплексами для траекторных измерений и определения радиолокационных сигнатур боевого порядка МБР. Аппаратура РР и РТР обеспечивает прием телеметрической информации и измерение угловых координат целей по сигналам бортовых РЭС.

Корабль «Инвинсибл» (USNS *Invincible*, T-AGM-24) (рис. 3.24) первоначально использовался для слежения за подводными лодками с использованием аппаратуры ГАР из состава системы «Сертасс» (Surveillance Towed Array Sensor System, SURTASS), а затем был оснащен новой РЛС Cobra Gemini и включен в состав системы слежения за пусками ракет



Рис. 3.24. Корабль слежения за пуском ракет «Инвинсибл» с РЛС «Кобра Джемини»

Корабль «Говард О Лорензен» (USNS Howard O. Lorenzen, T-AGM-25) (рис. 3.25), оснащенный РЛС «Кобра Кинг» (Cobra King radar), является новейшим кораблем этого типа. «Кобра Кинг» – РЛС, работающая в S- и X- диапазонах, обеспечивает получение радиолокационных данных высокого качества и разрешения на нескольких длинах волн.



Рис. 3.25. Корабль «Говард О Лорензен» с РЛС «Кобра Кинг»

Для слежения за пусками ракет используется также корабль «Пасифик трекер» (рис. 3.26), ранее выполнявший океанографические исследования.



Рис. 3.26. Переоборудованный для целей слежения корабль «Пасифик трекер»

Для решения задач ПРО и ПКО, а также для слежения за испытательными пусками ракет была создана специальная морская платформа, оборудованная РЛС SBX (рис. 3.27).



Рис. 3.27. Морская транспортабельная платформа с РЛС SBX

Радиолокационная разведка ведется также кораблями и судами при их нахождении в зонах разведдоступности объектов. Так, во время украинского кризиса в Черное море регулярно заходил Фрегат ВМС Испании «Адмиранте Хуан де Бурбон» (рис. 3.28), оснащенный противоракетным комплексом «Иджис».



Рис. 3.28. Фрегат ВМС Испании «Адмиралте Хуан де Бурбон» (F-102) с установленным комплексом «Иджис» (включает РЛС)

Радио- и радиотехническая разведки ведется всеми кораблями и судами, а также специализированными кораблями, подолгу находящимися на боевом дежурстве (рис. 3.29).



Рис. 3.29. Специализированный корабль РРТР

Помимо средств РЛР и РРТР на всех кораблях и судах может быть установлена аппаратура ОЭР, ЛР, а также ГАР, ХР, РДР.

Гидроакустическая разведка является одним из основных видов морской разведки. Она подразделяется на следующие подвиды: РГАШП, РЗПС, ГЛР,

РГАШП ведется с использованием пассивной аппаратуры («сонаров»), устанавливаемых стационарно и на специальных кораблях.

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 антеннами 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 в 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» предназначена 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 (рис. 3.30), 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° (рис. 3.31, 3.32).

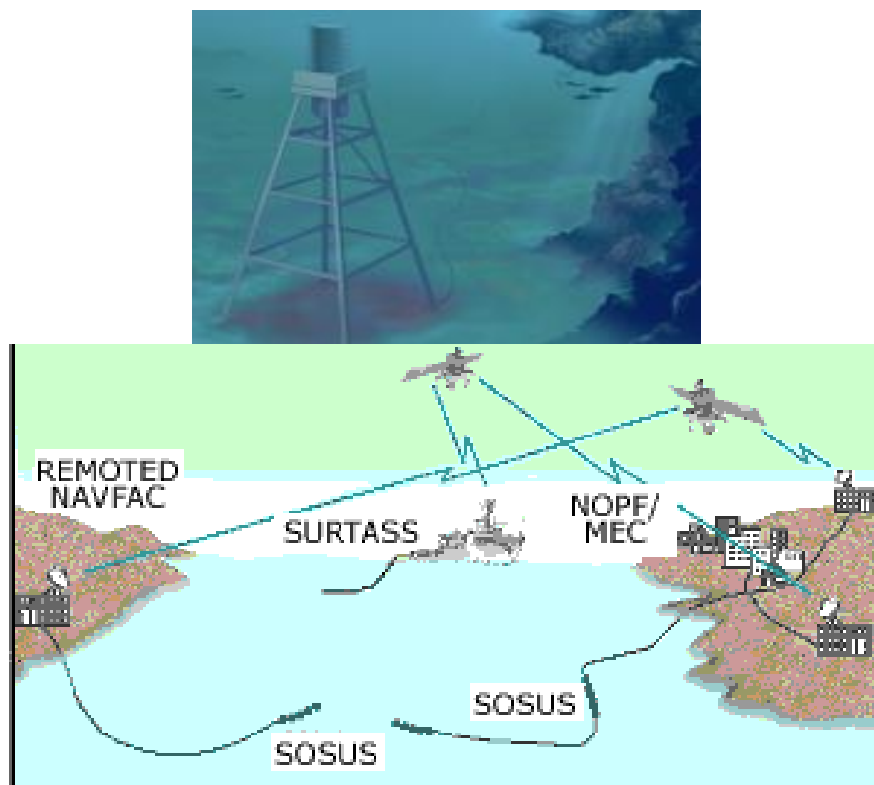


Рис. 3.30. Схема применения средств ГАР систем SOSUS и SURTASS



Рис. 3.31. Система развёрнута на противоположных рубежах:
 мыс Нордкап — Медвежий остров, Гренландия — Исландия —
 Фарерские острова — Великобритания (Фареро-Исландский рубеж),
 в Тихом океане

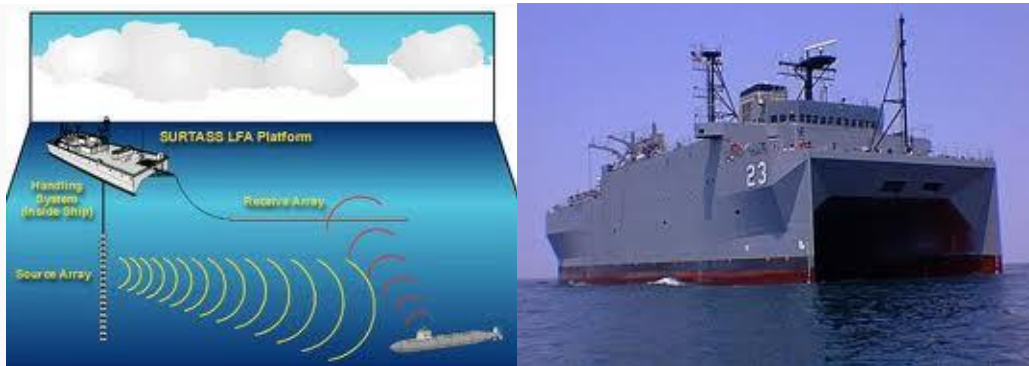


Рис. 3.32. Корабли системы Сертасс

С самолетов сбрасываются буи, оснащенные аппаратурой ГАР и ММР (рис. 3.33).



Рис. 3.33. Установка сбрасываемых буев ГАР

В последние годы создано большое количество подводных аппаратов, которые также могут оснащаться разведывательной аппаратурой (рис. 3.34).

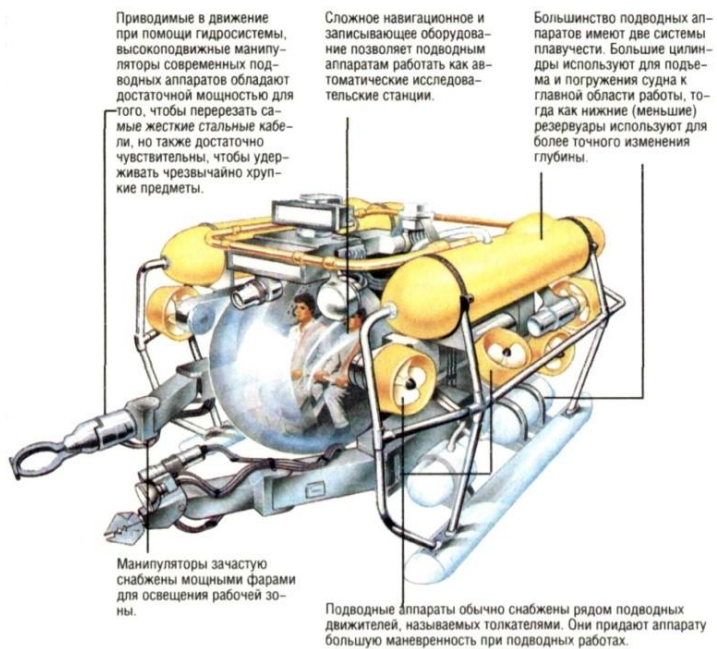


Рис. 3.34. Подводные аппараты

Корабли для океанографических исследований класса Pathfinder-class survey ships (T-AGS 60-66) официально выполняют акустическое, биологическое, физическое и геофизическое наблюдение. К таким кораблям относятся: USNS Pathfinder (T-AGS-60), USNS Sumner (T-AGS-61), USNS Bowditch (T-AGS-62), USNS Henson (T-AGS-63), USNS Bruce C. Heezen (T-AGS-64), USNS Mary Sears (T-AGS-65), USNS Maury (T-AGS-66).

В прошлом веке на Дальнем Востоке была обнаружена аппаратура съема информации с подводных кабельных линий связи («Кокон») (рис. 3.35).

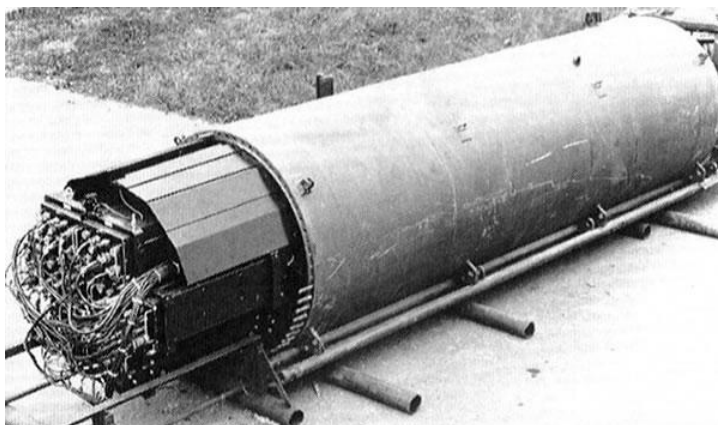


Рис. 3.35. Аппаратура съема информации с подводных кабельных линий связи «Кокон»

К МР могут привлекаться также гражданские пассажирские, торговые, промысловые, научно-исследовательские и другие суда, которые могут посещать открытые для иностранных судов порты.

3.4. Наземная разведка

Наземная разведка (НР) ведется с территории зарубежных государств и с территории разведываемого

государства. Состав средств наземной разведки представлен на рис. 3.36.



Рис. 3.36. Состав средств наземной разведки

Разведка с территории иностранных государств

Оптико-электронная разведка ведется с использованием телескопов, осуществляющих слежение за космическими объектами, подсоединенной к ним аппаратуры регистрации и анализа – телевизионной, спектрометрической. В дополнение к телескопам используются лазерные дальномеры.

Достаточно долго США были единственной страной, которая могла сопровождать космические объекты практически непрерывно за счет использования центров слежения, расположенных по всему миру.

Специально для решения задач ПКО США используют посты системы GEODSS. Каждый такой пост имеет по 3 телескопа диаметром 1 м. Посты расположены в Соккоро (США), на о. Диего-Гарсиа и на о. Мауи.

Центр на о. Мауи является крупнейшей обсерваторией, включающей несколько постов и центр обработки, оснащенный суперкомпьютером.

Дополнительно используется пост на о. Морон (Испания), где расположен один телескоп, и средства лаборатории им. Линкольна Массачусетского технологического института, размещенные на полигоне Уайт-Сэндз в Соккоро (рядом со станцией GEODSS).

В 2015 году система слежения за космическим пространством США пополнилась новым телескопом, размещенным в Австралии.

Радиолокационная разведка ведется с использованием станций ПРО и ПКО, которые являются крупногабаритными сооружениями, их местоположение невозможно скрыть в современных условиях. Кроме того, эти станции излучают мощные радиосигналы, которые могут быть приняты радгостанциями, находящимися в ней

Совместно со средствами ОЭР для слежения за космическими объектами используются и радиолокаторы. Кроме того, РЛР ведется с целью слежения за воздушно-космическими объектами и испытаниями баллистических ракет.

На территории разведываемого 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 аппаратуру, установленную на транспортных средствах, на наземные приемные пункты.

Из зданий посольств и консульств ведется РРТР.

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.

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».

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

высококочувствительные 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.

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

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

Направленные микрофоны подразделяются на параболические и трубчатые. 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, питание которых осуществляется от телефонной линии.

Микрофоны

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;
- в виде «бесконечного передатчика», 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 вибрирует под воздействием

звуковых волн от происходящего в помещении разговора, то отраженный лазерный луч будет промодулирован акустическими сигналами. В приемном устройстве осуществляется демодуляция лазерного 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, оргтехники и вычислительной техники.

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 5 км.

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 в ночных условиях.

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^{-4} лк.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

4.1. Модели разведывательных ситуаций

Статическая дуэльная ситуация

В ней рассматриваются находящиеся в заданных (координатами) точках средство разведки и объект защиты (рис. 4.1). Решается задача оценки потенциальных возможностей средства разведки без учета взаимного перемещения объекта и средства разведки и наличия других объектов.

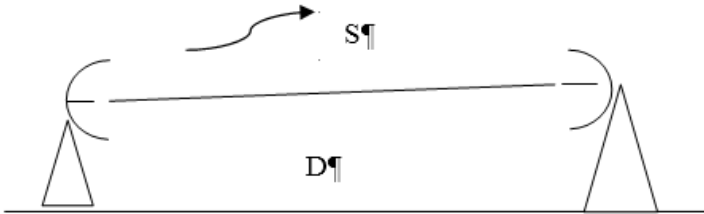


Рис. 4.1. Статическая разведывательная ситуация

Для решения этой задачи используется математическая модель разведывательного приемного устройства.

На вход разведывательного приемного устройства (радио-, оптико-электронного, акустического и любого другого) поступает сигнал, представляющий собой в общем случае смесь сигнала с шумом, а в частном случае – один шум:

$$S=S+N.$$

Информационные показатели возможностей разведки в «дуэльной» ситуации характеризуются следующими показателями:

- вероятностью обнаружения сигнала (объекта);
- вероятностями измерения параметров сигнала (объекта) с заданной точностью;

- вероятностью определения местоположения источника сигнала (объекта) с заданной точностью;
- вероятностью распознавания формы объекта (для видовой разведки).

Все вероятности являются функциями от параметров объекта защиты, среды и параметров средства разведки.

Задача оценки возможностей по обнаружению объекта решается методами статистической радиотехники.

Содержание задачи иллюстрируется рис. 4.2. На нем приведены четыре реализации случайного колебания (электromагнитного или механического): первые две изображают шум на выходе, а две другие - сумму защищаемого сигнала и шума. Логично предположить, что принятие решения об обнаружении защищаемого сигнала осуществляется с использованием заранее установленного порога соотношения сигнал/шум= H . Для конкретных реализаций, приведенных на рисунке, видно, что шум в первой реализации не превышает порога. Во второй реализации хотя сигнала и нет, однако выброс шума превышает порог. В третьей реализации сумма сигнала и шума превышает порог, а в четвертой реализации, несмотря на наличие сигнала, отношение сигнал/шум= q не достигает порога за время наблюдения T ни разу.

Из рассмотренных четырех случаев в двух случаях (первом и третьем) будет принято правильное решение (соответственно, о необнаружении и обнаружении сигнала), а в двух других (втором и четвертом) - неправильное. Если взять другой порог H , то решения об обнаружении могут быть другими.

Четыре рассмотренных случая составляют полную группу случайных событий (событие в данной задаче - принятие решения об обнаружении).

Оптимальное правило выбора решения - выбор решения по правилу, наилучшему в определенном (заданном конкретным критерием) смысле.

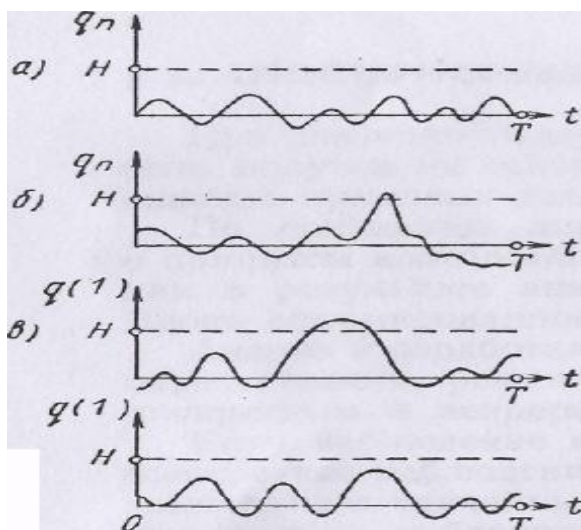


Рис. 4.2. Четыре возможных случая при обнаружении сигнала на фоне шума

Ставится задача обосновать правило, при многократном применении которого в одинаковых условиях будет достигнут наилучший (в заранее определенном смысле) результат.

Все критерии учитывают варианты принятия правильных и ошибочных решений:

Рассмотрим задачу обоснования оптимального правила выбора решения об обнаружении сигнала в принятом излучении с использованием вероятностных характеристик принятия различных решений (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Полная группа событий, состоящих в принятии решений
об обнаружении сигнала

<p>1/1 - правильное решение о наличии сигнала (при условии, что сигнал есть, принято решение, что сигнал есть)</p> <p>$P(1/1)$ – вероятность правильного обнаружения (вероятность принять решение о том, что сигнал есть, при условии, что сигнал есть)</p>	<p>0/1 - неправильное решение (при условии, что сигнал есть, принято решение, что сигнала нет) – <i>ошибка "пропуск цели" (2 рода)</i></p> <p>$P(0/1)=P_1$ – вероятность ошибки 2 рода (вероятность принять решение об отсутствии сигнала при условии, что сигнал есть)</p>
<p>1/0 - неправильное решение (при условии, что сигнала нет, принято решение, что сигнал есть) – <i>ошибка "ложная тревога" (1 рода)</i></p> <p>$P(1/0)=P_0$ - вероятность ошибки 1 рода (вероятность принять решение об обнаружении сигнала при условии, что сигнала нет)</p>	<p>0/0 - правильное решение (при условии, что сигнала нет, принято решение, что сигнала нет)</p> <p>$P(0/0)$ - вероятность правильного необнаружения (вероятность принять решение о необнаружении при условии, что сигнала нет)</p>

Наиболее общий критерий оптимальности решения - минимум среднего риска (риск – вероятная плата за принятое решение).

Средний риск – это риск принятия решения при всех возможных вариантах ошибок и правильных решений (или/или) (с использованием табл. 4.2):

$$R = p(\Pi_{00}P(0/0) + \Pi_{01}P(1/0)) + q(\Pi_{10}P(0/1) + \Pi_{11}P(1/1)) \rightarrow \min \quad (4.1)$$

где p - априорная вероятность того, что сигнал есть;
 $q=1-p$ - априорная вероятность того, что сигнала нет.

Таблица 4.2

Матрица потерь

П₁₁ - «потери» (положительные, равные выигрышу) при правильном решении о наличии сигнала	П₀₁ - потери (ущерб) при ошибочном решении об отсутствии сигнала (плата за пропуск цели)
П₁₀ - потери (ущерб) при ошибочном решении о наличии сигнала (плата за ложную тревогу)	П₀₀ - «потери» (положительные, равные выигрышу) при правильном решении об отсутствии сигнала

Правило принятия решения сводится к следующему.

Решение принимается по конкретной выборке - набору значений (x_1, x_2, \dots, x_m) принятого колебания, зарегистрированных в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_m .

Заранее устанавливается граница (порог), разделяющая все множество возможных значений X на две области (X_1 - область сигнала и X_0 - область шума), которым соответствуют решения о наличии или отсутствии сигнала.

Определяется, куда попала полученная конкретная выборка - в область шума или сигнала.

В простейшем варианте, когда измеряется одно значение x , заранее устанавливается порог, который разделяет множество возможных значений x (от x_{\min} до x_{\max}) на области (x_{\min}, h) и (h, x_{\max}) . Решение принимается по правилу: если $x \leq h$ - сигнала нет, если $x > h$, то сигнал есть. Вероятности принятия правильных и ошибочных решений определяются величиной h и условными вероятностями попадания значения x в ту или иную область:

$P_0 = \int_h^{\infty} w(x|0) dx$ - вероятность ложной тревоги (x попало в область, соответствующую сигналу ($x > h$), когда его нет).

$P_1 = \int_0^h w(x|1) dx$ - вероятность пропуска цели (x попало в область, соответствующую шуму ($x \leq h$), когда сигнал есть).

$P(0/0) = 1 - P_0$ - вероятность правильного необнаружения.

$P(1/1) = 1 - P_1$ - вероятность правильного обнаружения.

На рис. 4.3 приведена иллюстрация обоснования правила выбора решения.

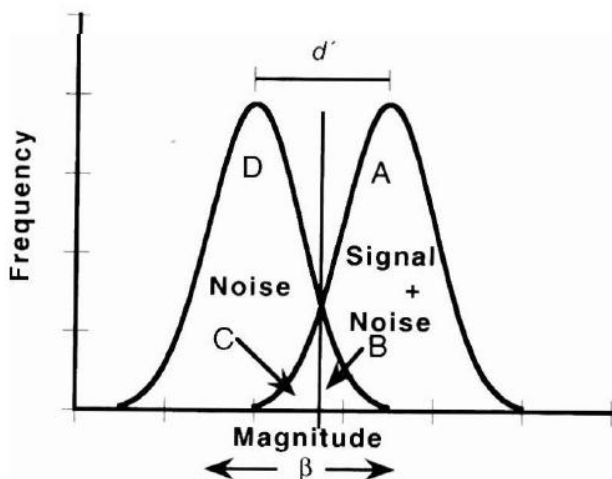


Рис. 4.3. Иллюстрация обоснования правила выбора решения

На рис. 4.4 приведены рабочие характеристики разведывательного приемника, показывающие зависимость вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги. Они заимствованы из книги Jon C. Leachtenauer, Ronald G. Driggers «Surveillance and Reconnaissance Systems: Modeling and Performance Prediction» («Системы наблюдения и разведки: моделирование и прогнозирование функционирования»).

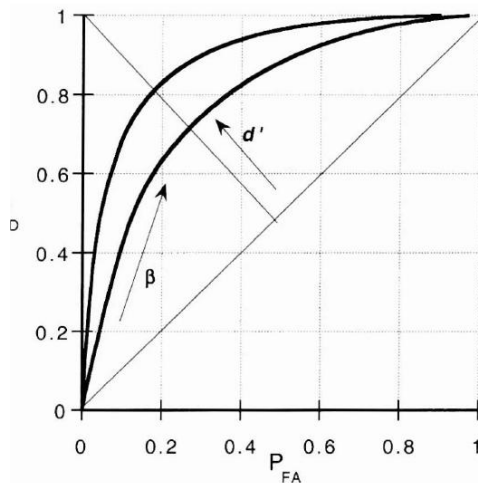


Рис. 4.4. Рабочие характеристики разведывательного приемника

Оптимальное правило выбора решения дает ответ на вопрос о значении оптимального порога H .

Для определения значения оптимального порога H находят минимум функции среднего риска. Для этого в формулу для среднего риска подставляют выражения для всех условных вероятностей, выпаженные через значения порога h , и решают математическую задачу определения экстремума (минимума) R по h .

Условием достижения минимума R является

$$\frac{w(x|1)}{w(x|0)} \geq \frac{\Pi_{01} - \Pi_{00}}{\Pi_{10} - \Pi_{11}} \cdot \frac{q}{p} = H.$$

Здесь H – теоретически обоснованное значение оптимального порога, с которым сравнивается

$$l = \frac{w(x|1)}{w(x|0)} - \text{отношение правдоподобия.}$$

$$\text{В многомерном случае } l = \frac{w(x_1, x_2, \dots, x_m|1)}{w(x_1, x_2, \dots, x_m|0)}.$$

Плотности вероятности $w(x_1, x_2, \dots, x_m | 1)$ и $w(x_1, x_2, \dots, x_m | 0)$ – это условные плотности вероятности того, что выборка (x_1, x_2, \dots, x_m) получена при условиях сигнала (1) или шума (0).

Если принять, что 0 и 1 являются значениями некоторого параметра λ , то функцию $w(x_1, x_2, \dots, x_m | \lambda)$ обозначают $L(\lambda)$ и называют функцией правдоподобия выборки. Она показывает, насколько «правдоподобно» при полученной выборке (x_1, x_2, \dots, x_m) наличие или отсутствие сигнала (1 или 0).

Из общего критерия среднего риска получают частные критерии, отличающиеся значениями порога (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Пороги принятия решений при различных критериях

Критерий	Порог
Общий - Байесовский (минимум среднего риска)	$\frac{\Pi_{01} - \Pi_{00}}{\Pi_{10} - \Pi_{11}} \cdot \frac{p_0}{p_1}$
Максимум апостериорной вероятности (идеального наблюдателя) – минимизирует вероятность суммарной ошибки (максимизирует вероятность правильного решения) $\frac{w(x_1, x_2, \dots, x_m 1)}{w(x_1, x_2, \dots, x_m 0)} \geq \frac{q}{p}$	p_0/p_1 (при потерях, соответствующих правильным решениям, равным 0, и равным потерям при ошибках 1 и 2 рода)
Максимум правдоподобия $\frac{w(x_1, x_2, \dots, x_m 1)}{w(x_1, x_2, \dots, x_m 0)} \geq 1$	1 (при потерях, соответствующих правильным решениям, равным 0, и равным потерям при ошибках 1 и 2 рода, а также при равных априорных вероятностях наличия и отсутствия сигнала $p_0=p_1=1/2$)

Критерий	Порог
Неймана-Пирсона (минимальная ошибка 2 рода (пропуска) при условии, что ошибка 1 рода (ложная тревога) не более заданного значения)	Из уравнения, в котором задана величина вероятности ложной тревоги $p_1=P(1 0)$. Практически определяется с использованием кривых обнаружения, показывающих зависимость вероятности правильного обнаружения от x при заданной вероятности ложной тревоги
Минимаксный (минимум среднего риска при наихудших априорных вероятностях)	Из уравнения, в котором заданы потери
Вальда (при многошаговой процедуре) – минимальная стоимость эксперимента, выбираются и пороги, и размер выборки	Из уравнений

Во всех случаях с порогом нужно сравнивать отношение правдоподобия.

Для удобства расчетов используют его логарифм

$$\ln \frac{w(x_1, x_2, \dots, x_m|1)}{w(x_1, x_2, \dots, x_m|0)}, \quad (4.2)$$

который соответственно сравнивают с $\ln H$.

Найдем $\ln l$ для случая, когда x имеет нормальный закон распределения:

$$w(x|\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\lambda)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.3)$$

В случае 1 (сигнал есть) среднее значение x , обозначенное через λ , равно s ;

В случае 0 (сигнала нет) среднее значение x равно 0.

$$\ln l = -\frac{(x-s)^2}{2\sigma^2} + \frac{x^2}{2\sigma^2} = \frac{xs}{\sigma^2} - \frac{s^2}{2\sigma^2}. \quad (4.4)$$

Применение критерия идеального наблюдателя для построения оптимального приемника

По критерию «идеального наблюдателя» прием (обнаружение сигнала) считается оптимальным, когда вероятность совершить ошибку (любую) минимальна (в этом случае вероятность принять правильное решение максимальна).

Вероятность ошибки - это вероятность суммы случайных событий (или-или) - вероятность совершить ошибку 1 или 2 рода, рассчитывается как

$$P_e = P_0 + P_{1..} \quad (4.5)$$

Правило выбора решения:

$$\ln l = \ln \frac{w(x_1, x_2, \dots, x_m | 1)}{w(x_1, x_2, \dots, x_m | 0)} \geq \ln \frac{q}{p}. \quad (4.6)$$

От этой формулы, соответствующей дискретным значениям, перейдем к непрерывным сигналам.

С порогом будем сравнивать

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \ln l.$$

В случае многомерной выборки нормального случайного процесса ($m > 1$), где все x_i независимы,

$$w(x_1, x_2, \dots, x_m | \lambda) = \prod_{i=1}^m w(x_i) = w^m(x_i), \quad (4.7)$$

$$\ln l = \sum_{i=1}^m \frac{x_i s_i}{\sigma^2} - \sum_{i=1}^m \frac{s_i^2}{2\sigma^2}. \quad (4.8)$$

В пределе при $m \rightarrow \infty$ записанное выше соотношение переходит в такое:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \left(\sum_{i=1}^m \frac{x_i s_i}{\sigma^2} - \sum_{i=1}^m \frac{s_i^2}{2\sigma^2} \right) = \int_0^T \frac{x(t)s(t)dt}{2\sigma^2} - \int_0^T \frac{s^2(t)}{2\sigma^2}. \quad (4.9)$$

Обозначим $2\sigma^2 = N_0/2$ – мощность шума, учтем, что $\int_0^T s^2(t)$ – это энергия сигнала E , и получим правило принятия решения о наличии сигнала

$$\frac{2}{N_0} \int_0^T x(t)s(t)dt \geq \ln \frac{q}{p} + \frac{E}{N_0}. \quad (4.10)$$

В этой формуле $x(t)$ – принятые значения случайного колебания, а $s(t)$ – детерминированный сигнал, который считается заранее известным (это наихудший для нас вариант ведения разведки – ей известно все о сигнале, кроме факта его присутствия в момент приема).

Из этой формулы следует схема оптимального приемника как технического устройства (рис. 4.5).

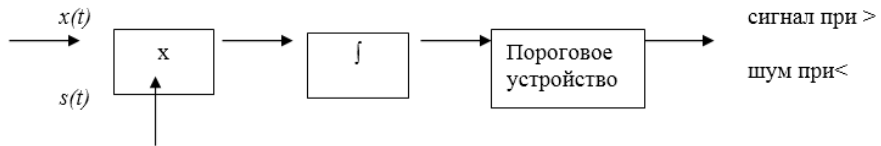


Рис. 4.5. Схема оптимального приемника

Если $q=p=1/2$, то принятый сигнал сравнивают отношением $\frac{E}{N_0}$ (критерий максимального правдоподобия).

Из этой формулы видно, что для вынесения решения о наличии или отсутствии детерминированного сигнала, принимаемого на фоне белого шума, нужно принятую

реализацию $x(t)$ перемножить с сигналом $S(t)$, проинтегрировать произведение в течение интервала времени T , где известна реализация, и результат интегрирования сравнить с порогом H , определяемым правой частью формулы (3.41). Если этот пороговый уровень превышен, то принимается решение о наличии сигнала. Если же порог не превышен, то констатируется отсутствие сигнала. Функциональная схема приемного устройства, осуществляющего указанные операции, приведена на рис. 4.3.

При заданном уровне порога связь между отношением сигнал/шум q и вероятностью обнаружения сигнала оптимальным приемником описывается следующей зависимостью

$$P(1/1) = P(1/0)^{\frac{-1}{1+0,5 \cdot q^2}}, \quad (4.11)$$

где $P(1/0)$ – вероятность ложной тревоги.

Часто графики зависимости вероятности обнаружения сигнала $P(1/1) = P_{об}$ оптимальным приемником от отношения сигнал/шум q на его входе называют кривыми обнаружения, характерный вид которых представлен на рис. 4.6.

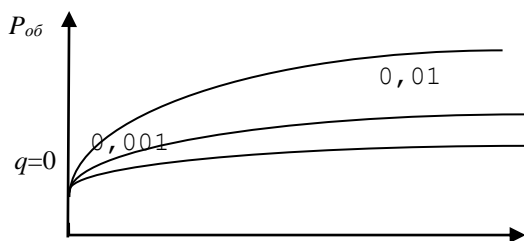


Рис. 4.6. Кривые обнаружения

Динамическая разведывательная ситуация

В динамической ситуации (рис. 4.7) учитывается зависимость от времени всех факторов, влияющих на условия ведения разведки: изменение дальности от объекта до средства

разведки, изменение параметров среды распространении (освещенности, других погодных условий).

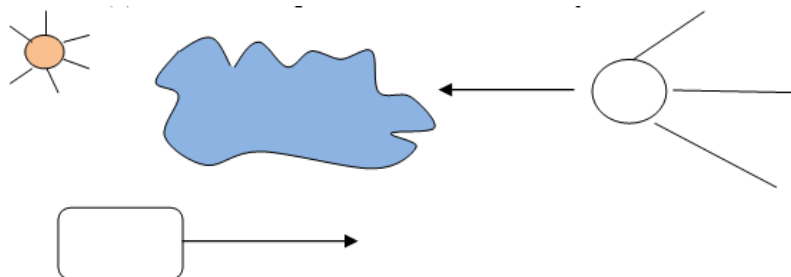


Рис. 4.7. Динамическая разведывательная ситуация

Для оценки возможностей в динамической ситуации применяются математические модели, основанные на решении дифференциальных уравнений, модели массового обслуживания и имитационные модели. Одним из наиболее адекватных методов моделирования является метод статистических испытаний (Монте-Карло).

Показателями возможностей ТР в динамической разведывательной ситуации являются вероятности решения задач обнаружения, измерения параметров как функции времени:

$$P=P(t).$$

Разведывательная ситуация в условиях применения комплекса средств разведки

При условии, что объект может быть обнаружен не одним средством, а любым из некоторой совокупности (комплекса) N средств, возможности разведки оцениваются по формуле:

$$P=1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_i)^N. \quad (4.12)$$

4.2. Методические основы защиты информации от радиотехнической разведки

4.2.1. Математическая модель оценки опасности радиотехнической разведки

Технический канал утечки информации применительно к РТР представляет собой совокупность источника радиосигнала, среды распространения радиоволн и разведывательного приемника (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Схема ТКУИ применительно к РТР

Основными характеристиками источника радиосигнала, существенно влияющими на возможности РТР, являются:

- мощность излучения P_{Σ} ,
- несущая частота сигнала f ,
- ширина спектра сигнала Δf ,
- высота подъема антенны над уровнем моря,
- коэффициент усиления антенны $G_{прд}$,
- коэффициент боковых лепестков антенны K_{δ} .

При этом под коэффициентом направленного действия антенны $G_{прд}$ понимается число, показывающее во сколько раз повышается мощность излучения электромагнитной энергии в пределах главного лепестка диаграммы направленности антенны по сравнению с равномерным излучением мощности по всем направлениям.

Под коэффициентом боковых лепестков антенны K_{δ} понимается число, показывающее во сколько раз мощность излучения электромагнитной энергии в главном лепестке диаграммы направленности антенны больше средней мощности излучения антенны вне пределов главного лепестка.

Основными характеристиками среды, существенно влияющими на возможности разведки, являются дальность между РЭС и разведприемником, которая определяется их координатами, выполнением условий прямой видимости, а также протяженностью участков, на которых сигнал распространяется в атмосфере или в безвоздушном пространстве (последний случай характерен для космической разведки).

Основными характеристиками разведприемника, существенно влияющими на возможности разведки, являются его чувствительность $P_{ПП\min}$, характеризующаяся минимальной мощностью принимаемого сигнала, при которой он регистрируется на выходе приемника, высота подъема приемной антенны над уровнем моря, коэффициент направленного действия приемной антенны $G_{аПР}$.

Математическая модель оценки опасности РТР включает три основных блока (рис. 4.9):

- блок расчета отношения сигнал/шум на входе разведприемника при разведке РЭС в заданных условиях;
- блок описания процесса преобразования принятого входного сигнала разведприемником;
- блок расчета информационного показателя, характеризующего работу разведприемника;
- блок сравнения информационного показателя с заданным порогом.

При распространении радиоволн в свободном пространстве плотность потока мощности от изотропного излучателя на дальности D определяется выражением:

$$P_0 = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi D^2}, \quad (4.13)$$

где P_{Σ} – мощность излучения, Вт; $4\pi D^2$ – площадь сферы радиуса D , аппроксимирующей фронт равномерно распространяющейся электро-магнитной волны; D – дальность от РЭС до

средства разведки.

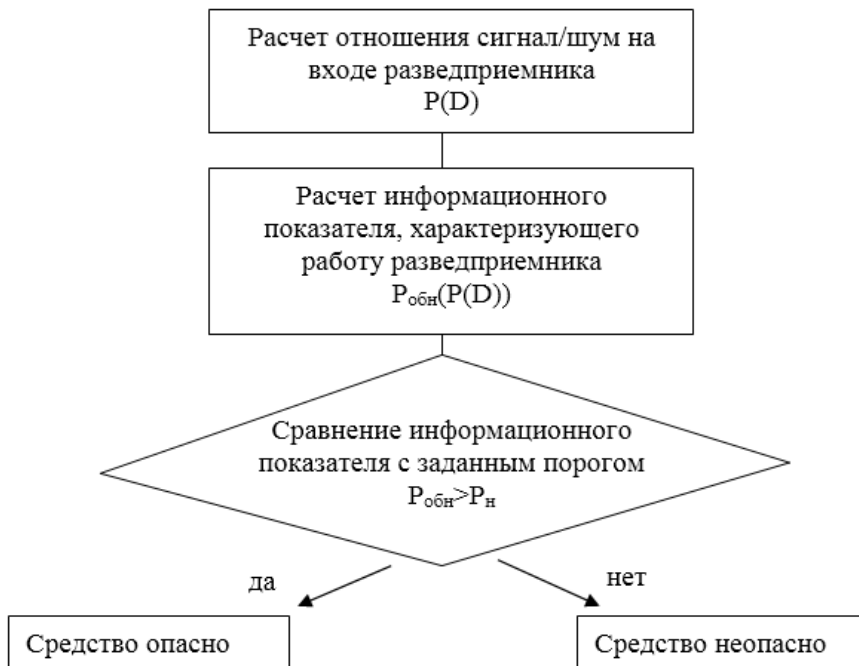


Рис. 4.9. Блок-схема алгоритма оценки опасности

С учетом направленности антенны РЭС, имеющей коэффициент усиления $G_{анр\delta}$, плотность потока мощности на расстоянии D в направлении максимума излучения будет

$$P_D = \frac{P_{\Sigma} G_{анр\delta}}{4\pi D^2}. \quad (4.14)$$

Мощность сигнала, принятого приемной антенной средства РРТР, пропорциональна эффективной площади приемной антенны, которая для апертурных антенн (на частотах в 100 МГц и выше) рассчитывается по формуле

$$S_{эф} = \frac{\lambda^2 G_{np}}{4\pi}, \quad (4.15)$$

где λ - длина волны излучения, м.

Мощность сигнала, принятого по главному лепестку диаграммы направленности антенны, рассчитывается по формуле

$$P = \frac{P_{\Sigma} \lambda^2 G_{npd} G_{np}}{16\pi^2 D^2}. \quad (4.16)$$

Мощность сигнала, принятого разведприемником по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны, рассчитывается по формуле

$$P = \frac{P_{\Sigma} \lambda^2 G_{npd} G_{np}}{16\pi^2 D^2 K_{\sigma}}. \quad (4.17)$$

В реальных условиях распространения радиоволн потери энергии могут возрасти не только с увеличением расстояния из-за сферической расходимости фронта волны, но и из-за поглощения и рассеяния электромагнитной энергии в земной поверхности, ионосфере, тропосфере, а также из-за пространственного перераспределения энергии при интерференции волн.

Потери мощности радиосигнала при его распространении в среде учитываются коэффициентом z .

Порядок расчета коэффициента z зависит от трассы распространения радиоволн и ее протяженности, погодных условий, наличия препятствий.

С учетом того, что направления максимумов диаграмм направленности антенн источника сигнала и средства РТР могут не совпадать, общая формула для расчета мощности сигнала на входе разведприемника, имеет вид:

$$P = \frac{P_{\Sigma} \lambda^2 G_{npd}(\Theta_{npd}) G_{np}(\Theta_{np}) z}{16\pi^2 D^2 K_{\delta}}, \quad (4.18)$$

где углы Θ_{npd} , Θ_{np} – это углы отклонения антенн от направлений максимумов.

4.2.2. Методы и средства защиты информации от радиотехнической разведки

Методы защиты от радиотехнической разведки (РТР) направлены на исключение или затруднение обнаружения излучения радиоэлектронных средств (РЭС), а также затруднение измерения параметров их сигналов и координат. Защита РЭС обеспечивается комплексом организационных мероприятий и технических мер.

Организационные мероприятия. Для защиты от РТР применимы общие организационные мероприятия, включающие территориальные, пространственные, энергетические и временные ограничения на излучение в свободное пространство. Основанием для введения ограничений на работу конкретного РЭС с излучением является выполнение в месте возможного расположения средств РТР следующего условия

$$P_c \geq K_p * P_{pPp}, \quad (4.19)$$

где P_c – мощность сигнала РЭС на входе разведывательного приемника;

K_p – отношение сигнал/шум, при котором обеспечивается заданная вероятность обнаружения РЭС;

P_{pPp} – эквивалентная чувствительность разведывательного приемника, равная отношению его чувствительности к коэффициенту усиления антенны.

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 удастся обеспечить надежную защиту характеристик сигналов РЭС, применяются пространственные ограничения (ограничение секторов излучений), энергетические ограничения (ограничения мощности выходного излучения).

При защите от воздушных, наземных и морских средств РТР размеры ограничительного сектора в угломестной плоскости (рис. 4.10) определяются по формуле:

$$\Delta\alpha \approx \arctg(H / D_3) + \theta_\alpha$$

где H – высота носителя средств РТР; D_3 – расстояние до средства РТР, отсчитываемое по земле; θ_α – ширина ДНА защищаемого средства в угломестной плоскости.

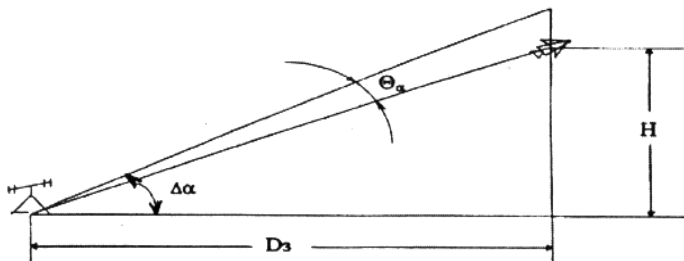


Рис. 4.10. Сектор запрета в угломестной плоскости

В качестве сектора запрета в азимутальной плоскости принимается сектор $\Delta\beta$, расширенный с обеих сторон на величину θ_b (рис. 4.11):

$$\Delta\beta = \Delta\gamma + 2\theta_b \quad (4.20)$$

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).

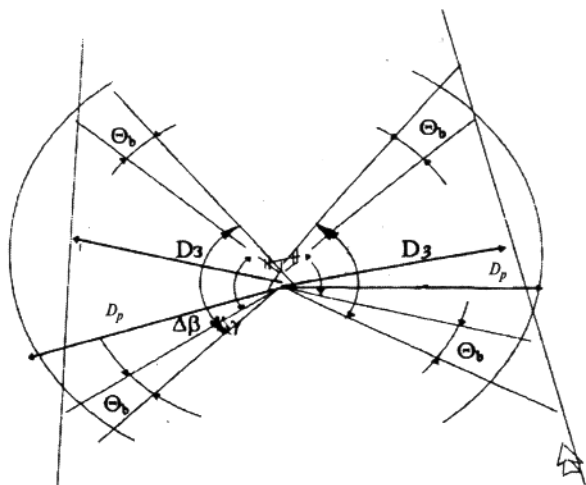


Рис. 4.11. Сектор запрета в азимутальной плоскости

При защите от аппаратуры РТР, размещаемой на низкоорбитальных ИСЗ типа «Феррет», сектора защиты устанавливаются только в УМ плоскости и их размеры рассчитываются по формуле:

$$\alpha = 90^\circ - \varepsilon,$$

где

$$\varepsilon = \arccos \left[\frac{(R + H) \sin(l / 2R)}{(R^2 + (R + H)^2 - 2R(R + H) \cos(l / 2R))^{1/2}} \right], \quad (4.21)$$

где $R = 6378$ км - радиус Земли; H, l - соответственно высота полета и полоса обзора разведки ИСЗ.

Для разведывательных ИСЗ типа «Феррет» угол $\varepsilon = 11^\circ$.

При защите от РТР, ведущейся с КА 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 КА типа «Феррет». Минимальную продолжительность запретов можно определить по графикам, приведенным на рис. 4.12 и рис. 4.13.

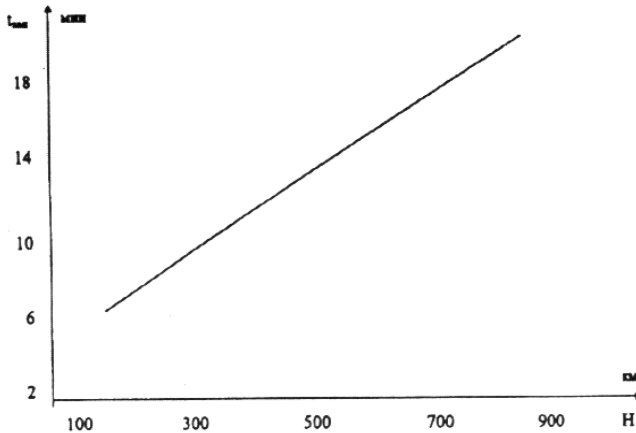


Рис. 4.12. Продолжительность запрета в зависимости от высоты полета разведывательного КА

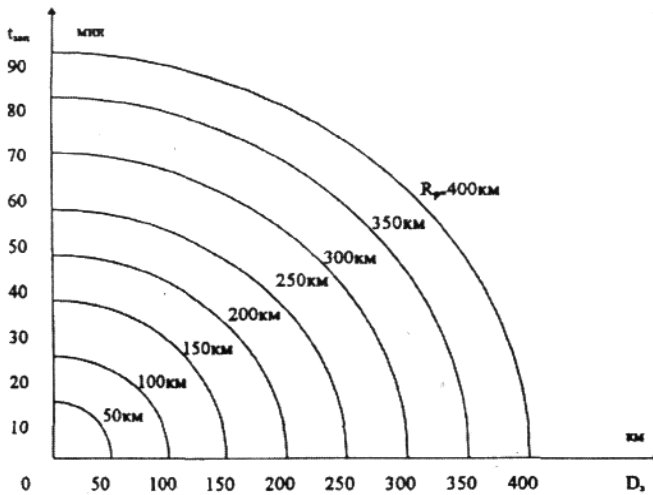


Рис. 4.13. Продолжительность запрета в зависимости от D_3 и R_p при пролете иностранных самолетов

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 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 предметмов (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. 4.14), отражающему зависимость уровня ослабления излучений РЭС (Э) от величины коэффициента v , равного

$$v = h \left[\frac{2(D_1 + D_2)}{\lambda D_1 D_2} \right]^{1/2}, \quad (4.22)$$

где h – превышение препятствия над линией визирования антенны РЭС на средство РТР, м;

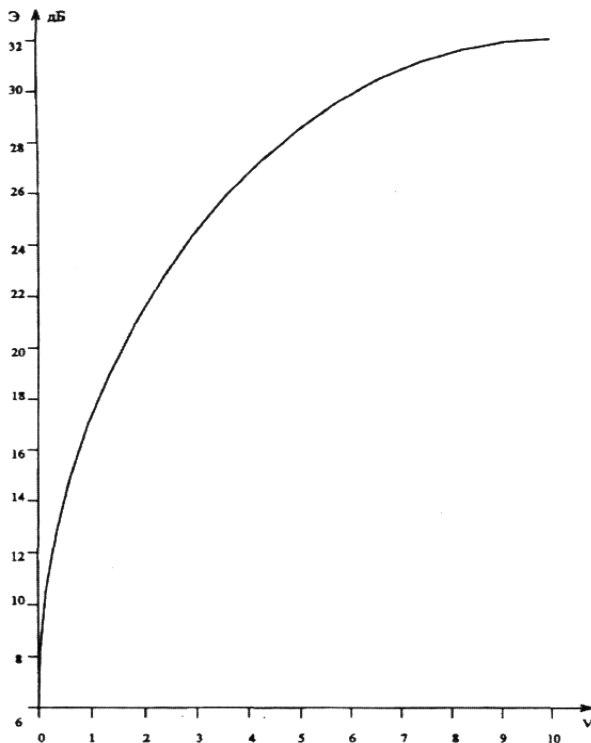


Рис. 4.14. Зависимость ослабления излучения РЭС радионепрозрачными препятствиями от коэффициента ν

D_1 и D_2 – расстояния между РЭС и препятствием, РЭС и местом нахождения средства РТР, соответственно, м;

λ – длина волны, м.

При значениях $\nu > 10$ ослабление излучения РЭС перечисленными выше препятствиями может быть определено по формуле:

$$\mathcal{E} = 12.95 + 20 \lg \nu$$

Для значений ν , лежащих в пределах от 0 до 2, расчет ослабления может быть выполнен по формуле:

$$\varepsilon = 7(1 + \nu).$$

Ослабление излучений лесными массивами и лесопарками зависит от поляризации и несущей частоты излучения, а также времени года и ориентировочно может быть определено по графику (рис. 4.15), построенному на основе обобщения экспериментальных данных.

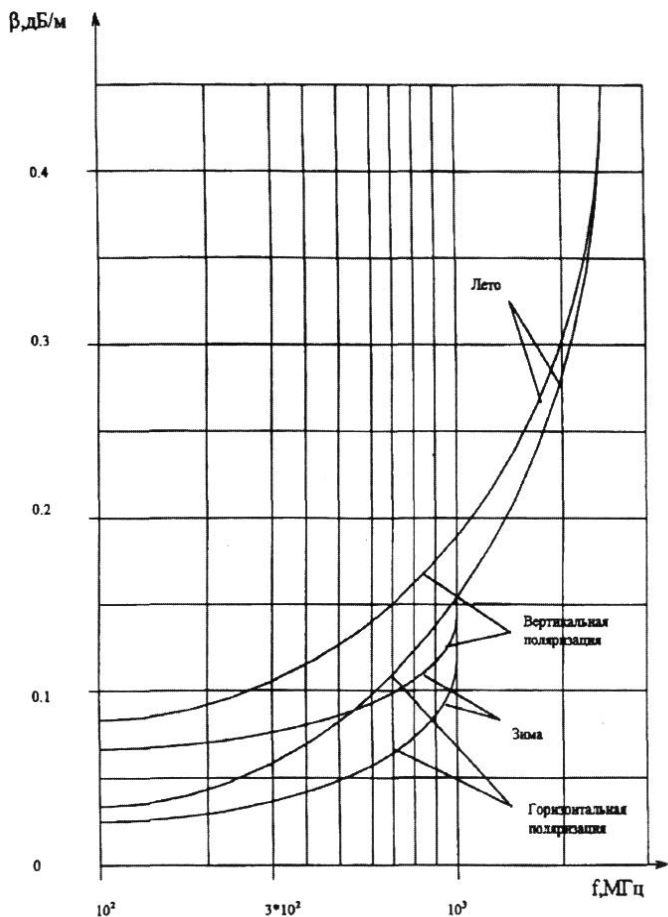


Рис. 4.15. Сквозное затухание леса зимой и летом; для хвойных пород

Технические меры, обеспечивающие скрытие излучений РЭС, 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.

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. 4.16).

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:

$$\mathcal{E}_\Pi = 10 \lg \frac{\Pi}{\Pi_{\text{ЭКР}}} ,$$

$$\mathcal{E}_P = 10 \lg \frac{P}{P_{\text{ЭКР}}} ,$$

где Π , $\Pi_{\text{ЭКР}}$ - спектральные плотности потока мощностей излучения соответственно до и после экрана;

P , $P_{\text{ЭКР}}$ - спектральные потоки мощности излучения до и после экрана.

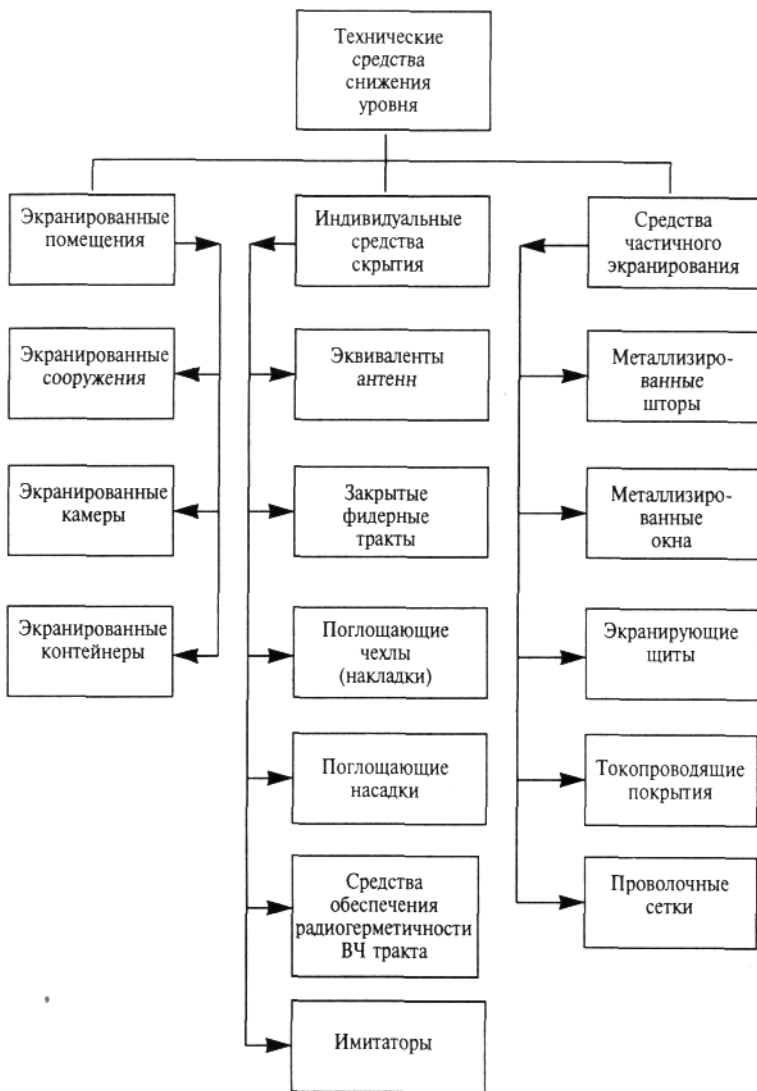


Рис. 4.16. Классификация средств снижения уровня излучения РЭС

Расчет эффективности экранирования, требуемого для снижения Π и P до допустимых уровней спектральной

плотности потока мощности P_0 и спектрального потока мощности излучения P_0 , производится по формулам:

$$\mathcal{E}_{\text{ТП}} = 10 \lg \frac{P_c \cdot G_c}{4\pi r^2 \cdot \Delta F_c \cdot P_0} ,$$

$$\mathcal{E}_{\text{ТР}} = 10 \lg \frac{P_c \cdot G_c}{\Delta F_c \cdot P_0} ,$$

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 заградительные волноводы.

Диафрагмы используются в основном в диапазоне менее 10000 МГц. На частотах свыше 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 труба 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 содержит 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 антеннами, внешние геометрические размеры которых совпадают с соответствующими размерами приемной и передающей антенны РЭС. При проведении проверочных, настроечных и регулировочных работ эти антенны состыковываются с антеннами РЭС. Места стыковки 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 антенн. 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 антенны. Часть мощности сигнала передается на вход приемника РЭС. Ослабление просачивающихся излучений определяется качеством высокочастотных переключателей.

Эквиваленты антенны являются одним из основных элементов, которые позволяют обеспечить проведение работ с РЭС без излучения в открытое пространство. Конструктивно эквивалент антенны 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 антенная 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 сшиваются 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. 4.17. Подавление средств РТР помехами осуществляется с помощью передатчиков заградительных, прицельно-заградительных и прицельных шумовых помех (рис. 4.18).

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 $A F_c$. При этом используется набор несущих частот шумовых сигналов, разнесенных на десятки и сотни мГц.

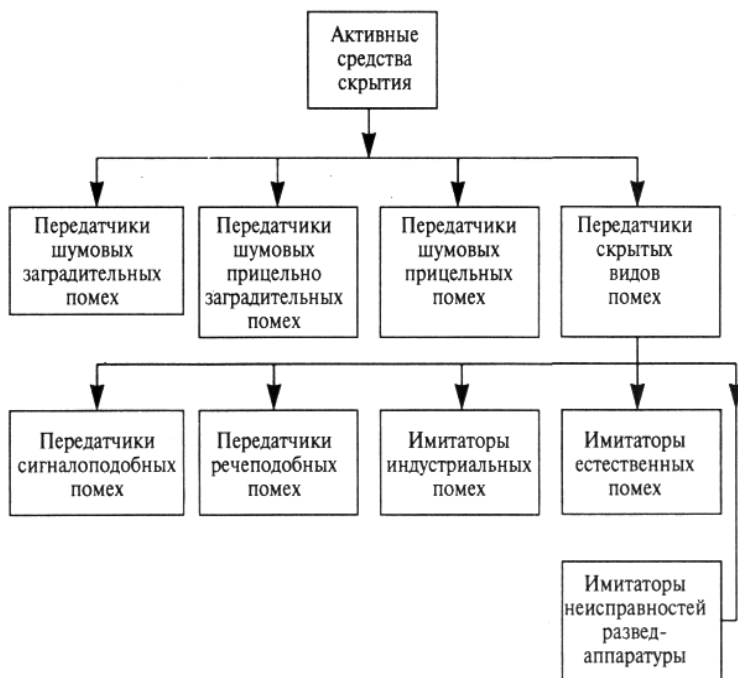


Рис. 4.17. Активные средства скрытия работы РЭС

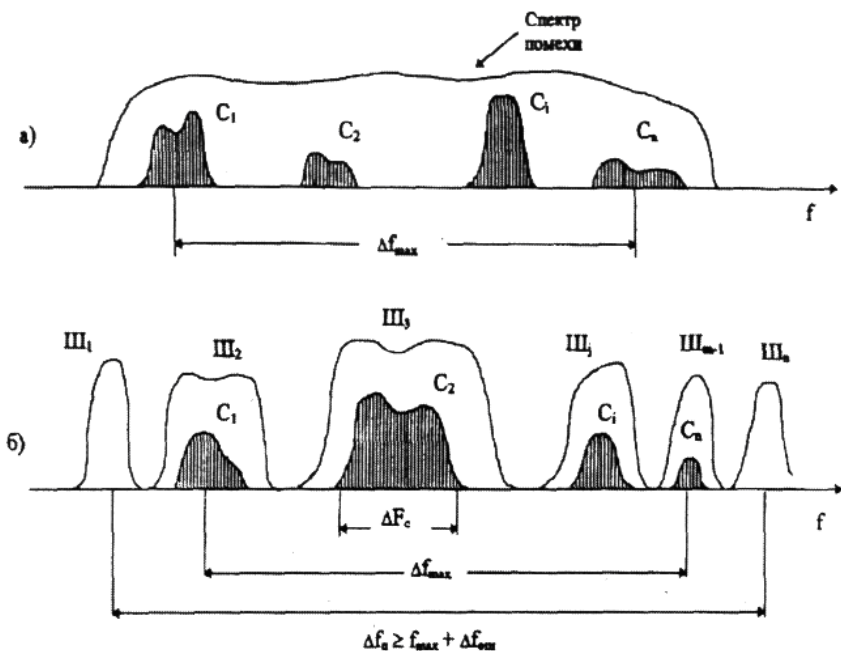


Рис. 4.18. Виды шумовых помех: а) заградительная помеха, б) прицельно-заградительная помеха

C_i - спектры защищаемых сигналов ($i=1,2,3,\dots,n$);

Π_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;

$\Delta f_{ош}$ - 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

$$K_M = P_n / P_c,$$

где P_n и P_c - 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. 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_n) относительно защищаемого сигнала

$$K_n = \frac{n_n}{n_n + 1},$$

где n_n - 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 промышленных и естественных помех применяются для противодействия любым видам РТР. Они содержат устройства памяти (магнитные ленты, диски, барабаны и т. д.), на которых записаны соответствующие помехи, устройства считывания и усилители мощности.

Имитаторы неисправностей разведывательной аппаратуры применяются редко. Это вызвано тем, что их разработка возможна только в том случае, если известно устройство и условия эксплуатации разведывательной аппаратуры

противника. Такие средства не являются универсальными, что затрудняет их применение.

Средства создания помех могут размещаться в непосредственной близости или отдельно 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 ($\theta_{\text{ртр}}$) средство помехи должно располагаться таким образом, чтобы угол между линиями «средство помехи - средство РТР» и «защищаемое средство - средство РТР» α не превышал $0.5\theta_{\text{ртр}}$ (рис. 4.19).

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.

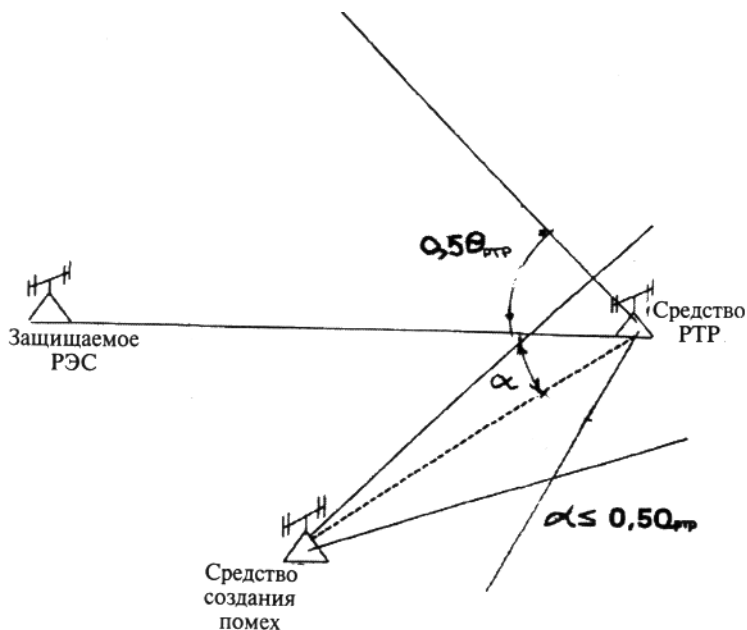


Рис. 4.19. Взаимное расположение защищаемого РЭС, средства РТР и средства создания помех при подавлении разведаппаратуры по главному лепестку диаграммы направленности антенны

При определении требуемого 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 радиотелеметрии, командным линиям управления используются передатчики речеподобных и сигналоподобных помех. Эти помехи представляют либо заранее записанные сигналы, либо неоднократно задержанные и суммированные защищаемые сигналы.

4.3. Методические основы защиты информации от оптико-электронной разведки

4.3.1. Модели каналов оптико-электронной разведки

Основные характеристики канала утечки информации применительно к ФТВР

Для ведения ФТВР принципиально необходим внешний источник энергии – Солнце. Получаемое изображение есть не что иное, как распределение яркости переотраженного снимаемой сценой внешнего излучения по полю кадра.

К основным энергетическим характеристикам процесса фотографирования, определяющим качество снимка, относятся освещенность сцены, коэффициенты яркости объекта и фона, а также выбранная при съемке экспозиция.

Освещенность $E = [\text{Вт}/\text{м}^2]$ (плотность потока мощности падающего светового излучения) создается за счет прямого солнечного излучения и свечения дымки. В пределах снимаемой сцены освещенность является величиной постоянной.

Коэффициент яркости r – отношение отраженной энергии (освещенности) к падающей.

$$r = \frac{E_{\text{отп}}}{E_{\text{пад}}} \quad (4.23)$$

Экспозиция $\Pi = [\text{Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2]$ – плотность потока энергии падающего светового излучения.

В качестве тест-объекта при исследовании изображений, как правило, используется *мира* – линейка, представляющая чередование темных и светлых полос с заданными яркостными свойствами (аналог простого гармонического сигнала в радиотехнических цепях). Основываясь на двумерном преобразовании Фурье, некоторым набором мир можно представить любое изображение. Мира характеризуется периодом, либо пространственной частотой, и контрастом

между светлыми и темными полосами. Изображение миры представлено на рис. 4.20, где T – период миры; $T = [м]$.

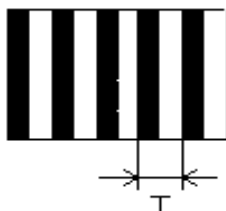


Рис. 4.20. Изображение миры

Пространственная частота – это величина, обратная периоду миры $\nu = 1/T$; $\nu = [м^{-1}]$.

Контраст миры – степень различия между темной и светлой полосами миры, обусловленного перепадом уровней отраженной энергии:

$$K = \frac{E_1 - E_2}{E_1}, \quad (4.24)$$

где E_1 - энергия, отраженная светлым участком, E_2 - энергия, отраженная темным участком.

Часто миру называют синусоидальным объектом, поскольку распределение яркости отраженного миррой излучения в вертикальной плоскости достаточно точно может быть аппроксимировано синусоидой (рис. 4.21), где 1 соответствует яркости светлой полосы, а 2 – темной.

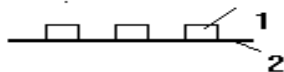


Рис. 4.21. Изображение миры в вертикальной плоскости

При исследовании каналов передачи изображений, по аналогии с радиотехническими цепями, широко используется аппарат передаточных функций, в качестве которых используются частотно - контрастные характеристики (ЧКХ).

Частотно - контрастная характеристика – показывает, как изменяется контраст гармоника с заданной пространственной частотой при прохождении через данный элемент канала утечки информации.

ЧКХ ФПУ – зависимость коэффициента передачи контраста от пространственной частоты. Значение ЧКХ на частоте ν показывает, во сколько раз уменьшается контраст миры с частотой ν , построенной в рассматриваемой оптической системе, по сравнению с контрастом исходной миры.

ЧКХ канала, состоящего из нескольких последовательных звеньев, равна произведению ЧКХ этих звеньев.

Типовой график ЧКХ представлен на рис. 4.22. Из графика видно, что при увеличении частоты ЧКХ стремится к 0, то есть, чем меньше объект, тем хуже он наблюдается.

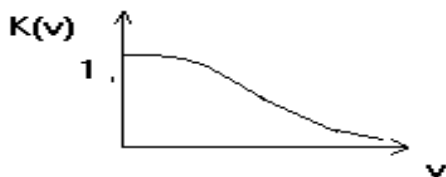


Рис. 4.22. График типовой ЧКХ

Таким образом, к особенностям канала утечки информации применительно к ФР можно отнести следующие:

1. Для ФТВР источник энергии – сторонний.
2. Для ФТВР, как и для РТР, применим метод анализа систем, основанный на Фурье – преобразовании сигнала.
3. Основными элементами канала утечки информации для ФТВР являются:

- сцена, включающая объект и фон, на котором он расположен;
- атмосфера;
- оптическая система фотоаппарата (видеокамеры);
- ФПУ;
- оператор-дешифровщик (зрительный анализатор).

Каждый из перечисленных элементов можно характеризовать соответствующей ЧКХ, поэтому математическая модель канала ФТВР представляет набор ЧКХ отдельных ее элементов.

Обобщенный канал утечки информации при ФТВР представлен на рис. 4.23.

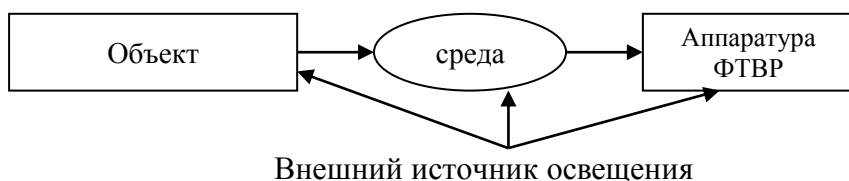


Рис. 4.23. Канал утечки информации при ФТВР

Объект характеризуется размером и спектральным коэффициентом яркости.

Фототелевизионная аппаратура характеризуется ЧКХ объектива, ТВС структурой относительно отверстия, временем экспозиции, фокусом, чувствительностью.

Фактически матрица проецируется на изображение, то есть на приемник. Получаем поле электрических зарядов, величина которого пропорциональна распределению яркости. Так как граница между соседними ПЗС элементами четко очерчена, а каждый элемент имеет собственный шум, то на результирующей картинке получается мозаичная структура. Фон каждого элемента картинке отличается от соседнего. Вместо распределения яркости - распределение интенсивности зарядов (рис. 4.24).

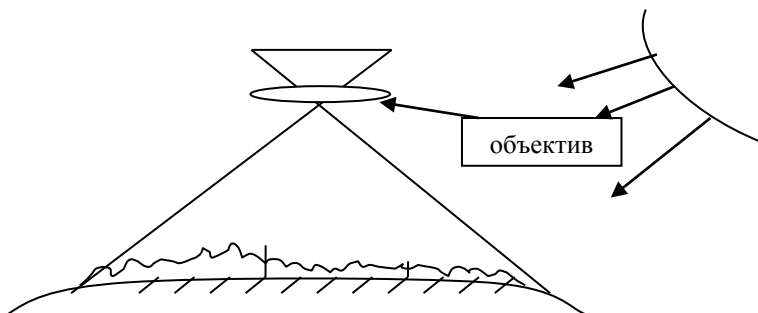


Рис. 4.24. Освещение аппаратуры ФТВП

Исходная матрица находится в фокусе линзы, когда она проецируется на землю, то образуется квадрат. Уровень зарядов разный, следовательно, элементы матрицы при одинаковой освещенности будут разными. На рис. 4.25 показано распределение потенциала по матрице.

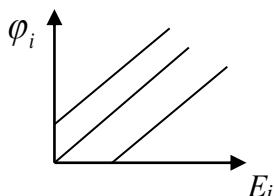


Рис. 4.25. Распределение потенциала по матрице

У каждого элемента матрицы есть кривая $\varphi_i(E_i)$.

Уровень φ_i зависит от размеров, частоты элементов, следовательно, разброс и уровень зарядности будут отличаться и на выходе будет мозаика. Матрица позволяет получить изображение в цифровом виде и можно делать обработку изображения.

Возможность применения алгоритмов цифровой обработки изображения для получения дешифрующих свойств изображения и согласования объема передаваемой информации

с характеристиками канала связи, при этом возможно повысить дешифровочные свойства за счет увеличения градиента яркости.

В полученном изображении главное получить четкие контуры объекта - границы перепада яркости. Существует алгоритм цифровой обработки, восстанавливающий изображение, который заключается в следующем. На исходном изображении (рис. 4.26) ищем перепады яркости (уменьшение сигнала ведет к размытию границ и их интенсивности), которые усиливаем.

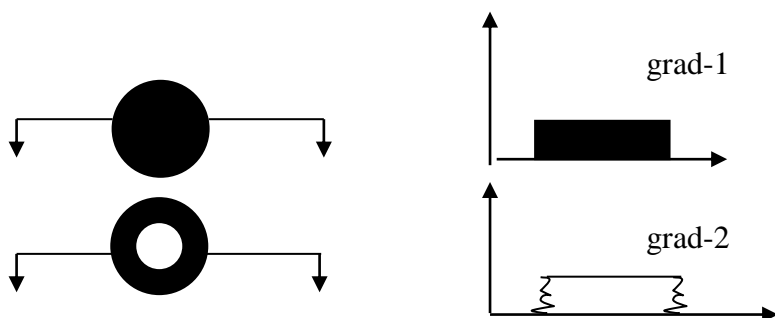


Рис. 4.26. Градиенты яркости для изображения объекта

В данном случае $\text{grad-1} > \text{grad-2}$. Усиливая grad-2 , мы восстанавливаем изображение. Данная операция носит название - операция подчеркивания контуров.

Однако при поиске перепадов и усилении могут появиться ложные контуры, что может привести к искажению добываемой информации.

Для оценки возможностей аппаратуры разведки, в том числе ТВР, в статистических дуэльных ситуациях используются следующие информационные показатели:

- вероятность обнаружения объекта $P_{об}^a$;
- вероятность определения формы объекта P_{ϕ}^a ;
- среднеквадратическая ошибка измерения линейных размеров объекта δ_l .

При оценке возможностей аппаратуры ТВР по обнаружению целесообразно исходить из того, что основным признаком, по которому дешифровщик принимает решение об обнаружении объекта, является превышение перепада оптической плотности «объект-фон» на ФПУ над ее шумами.

Поэтому для расчета вероятности обнаружения необходимо рассчитать величину воспринимаемого дешифровщиком отношения сигнал/шум при дешифрировании.

Воспринимаемое отношение сигнал/шум при дешифрировании изображений, полученных аппаратурой ФТВР, определяется формулой

$$q_B = \frac{q_B^Д \cdot q_B^{вн}}{\sqrt{(q_B^Д)^2 + (q_B^{вн})^2}}, \quad (4.25)$$

где $q_B^Д$ - воспринимаемое отношение сигнала к шуму пространственной дискретизации;

$q_B^{вн}$ - воспринимаемое отношение сигнала к внутренним шумам приемника излучения.

Величина $q_B^Д$ может быть рассчитана по формуле

$$q_B^Д = 4 \cdot \sqrt{n_\varepsilon}, \quad (4.26)$$

где значение n_ε определяется согласно (4.27).

$$n_\varepsilon = \frac{S_u}{S_\varepsilon} \cdot \left(\frac{F}{D_H} \right)^2, \quad (4.27)$$

где S_u - площадь пространственного интегрирования изображения;

F - фокусное расстояние объектива;

D_H - дальность разведки.

Входящая в (4.27) величина площади пространственного интегрирования S_u , вследствие физиологических особенностей процесса зрительного восприятия ограничена величиной, равной площади 90...160 элементов разрешения. Поэтому для расчета S_u следует использовать формулу

$$S_u = \begin{cases} S_{об}, & \text{если } S_{об} \leq 160 \cdot S_3; \\ 160 \cdot S_3 - & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (4.28)$$

где $S_{об}$ – площадь наблюдаемой проекции объекта.

Для расчета воспринимаемого отношения сигнала к внутренним шумам используется формула

$$q_e^{6H} = q_3 \cdot \sqrt{n_3}. \quad (4.29)$$

В (4.29) отношение сигнал/шум в элементе разрешения q_3 представляет собой отношение разности ΔH действующих на приемник излучения экспозиций объекта и фона к уровню внутренних шумов приемника, который принято оценивать эквивалентной шуму экспозицией $N_{ш}$,

$$q_3 = \frac{\Delta H}{N_{ш}} = \frac{(E_o - E_\phi) \cdot t_{экс}}{N_{ш}}, \quad (4.30)$$

где E_o , E_ϕ – освещенность чувствительного элемента приемника, обусловленная объектом и фоном.

Освещенность чувствительного элемента ФТВР определяется формулой

$$E_{o(\phi)} = 0,25 \cdot E_3 \cdot r_{o(\phi)} \cdot \tau_a \cdot \theta^2, \quad (4.31)$$

где E_3 – освещенность земли;

θ - относительное отверстие объектива.

Поэтому, подставляя в (4.31) в (4.30), получим

$$q_{\text{э}} = \frac{0,25 \cdot E_3 \left(r_o - r_{\phi} \right) \cdot \tau_a \cdot \theta^2 \cdot t_{\text{экс}}}{N_{\text{ш}}} . \quad (4.32)$$

В выражении (4.32) не учитывается влияние пространственно-частотных характеристик объекта $T_{\text{об}}(v)$ и чувствительного элемента ФТВР $T_n(v)$ на процесс формирования изображения. Принимая во внимание, что ПЧХ характеризуют степень уменьшения контраста изображения при его прохождении через соответствующие звенья ФТВР, для корректного учета влияния ПЧХ преобразуем (4.31) к следующему виду

$$q_{\text{э}} = \frac{0,25 \cdot E_3 \left(r_o - r_{\phi} \right) \cdot \tau_a \cdot \theta^2 \cdot t_{\text{экс}} \cdot K_o}{N_{\text{ш}}} , \quad (4.33)$$

где $K_o = \frac{r_o - r_{\phi}}{r_o + r_{\phi}}$ - натуральный контраст объекта.

В результате формула для расчета величины $q_{\text{э}}$, с учетом влияния ПЧХ может быть записана следующим образом:

$$q_{\text{э}} = \frac{0,25 \cdot E_3 \left(r_o - r_{\phi} \right) \cdot \tau_a \cdot \theta^2 \cdot t_{\text{экс}} \cdot K_o \cdot T_{\text{об}}(v_{\text{э}}) \cdot T_n(v_{\text{э}})}{N_{\text{ш}}} , \quad (4.34)$$

а выражение для расчета воспринимаемого отношения сигнала к внутренним шумам приемника примет вид

$$q_B^{вн} = \frac{0,25 \cdot E_3(r_o - r_\phi) \cdot \tau_a \cdot \theta^2 \cdot t_{экс} \cdot K_o \cdot T_{об}(v_э) \cdot T_n(v_э) \cdot F \cdot S_u}{N_{ш} \cdot D_n \cdot \sqrt{S_э}}. \quad (4.35)$$

Таким образом, на основе выражений (4.27), (4.28) и (4.35) может быть определено воспринимаемое отношение сигнал/шум в случае АТР.

С учетом того, что величина воспринимаемого отношения сигнал/шум находится во взаимном однозначном соответствии с информационными показателями оценки возможностей аппаратуры фотографической разведки, их расчет может быть осуществлен с использованием критерия обнаружения объектов на фоне случайных шумов (критерия Розелла-Вильсона).

Обнаружение простых объектов на фоне случайных шумов является хорошо изученным визуальным процессом. Исследовано маскирующее действие двух основных типов шумов. Это - не зависящие от сигнала аддитивные гауссовы шумы, типичные для фотонных приемников излучения, работающих при высоком уровне фона, и зависящие от сигнала мультипликативные пуассоновы шумы, присущие оптическим сигналам и типичные для приемников излучения, работающих при низком уровне фона. Попытки объяснить сущность обнаружения визуальной системой оптических сигналов на фоне шумов, распределенных по законам Гаусса и Пуассона, и теоретически предсказать результаты эксперимента делаются на основе флуктуационной теории.

Вероятность обнаружения различных простых объектов на фоне аддитивных белых гауссовых шумов исследовалась экспериментальным путем. В ходе экспериментов с телевизионным изображением на телевизионном экране либо получали прямоугольную волну на фоне белого гауссова шума и определяли порог обнаружения в зависимости от пространственной частоты, либо определяли пороги обнаружения прямоугольных тест-объектов на фоне «живых»

шумов. В случае фотографического изображения определялись условия обнаружения на фотографиях трехштрихового тест-объекта на фоне шумов. Некоторые из этих экспериментальных результатов представлены на рис. 4.27 для конкретных значений постоянной времени глаза T_e , частоты обновления информации ν , площади объекта на индикаторе $S_{об}$, площади корреляции шумов на индикаторе S_s (номинально соответствующей элементу разрешения), спектра напряжения шума $g(f)$ и VGA видеоконтрольного устройства r_m . Все эти эксперименты убедительно показывают, что вероятность обнаружения является однозначной функцией отношения сигнала к шуму, если остальные параметры качества изображения остаются постоянными.

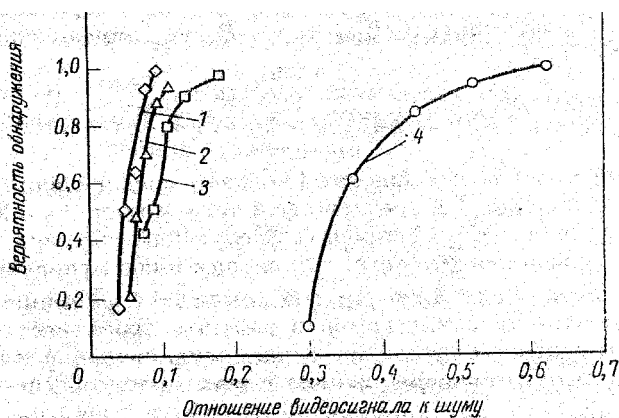


Рис. 4.27. Вероятность обнаружения в зависимости от отношения видеосигнала к шуму

Эти результаты были обобщены на широкий класс условий с использованием концепции о пространственных и временных интегрирующих свойствах зрительного анализатора. Эффект пространственного интегрирования учитывается предположением, что глаз улучшает отношение сигнала к шуму изображения в $\sqrt{S_{об}/S_s}$ раз, а улучшение за счет временного интегрирования учитывается коэффициентом

$\sqrt{T_e \nu}$. Тогда можно определить воспринимаемое отношение сигнала к шуму $q_в$ формулой

$$q_в = q_э \sqrt{T_e \nu \cdot S_{об}/S_э}, \quad (4.36)$$

где $q_э$ – отношение сигнала к шуму в точке изображения, т.е. в области корреляции $S_э$, а

$$S_э = \beta \left[2 \int_0^\infty g^2(f) \tilde{r}_m^2(f) df \right]^{-1}. \quad (4.37)$$

Розелл относит величину $q_э$ к индикатору. Мы считаем такое обозначение неточным, поскольку речь идет об отношении сигнала к шуму, воспринимаемому визуальной системой.

Экспериментальные данные такого рода описываются универсальной кривой, показанной на рис. 4.5 и устанавливающей связь между вероятностью обнаружения и $q_в$. Нормализованные данные с рис. 4.27 показаны в виде точек, наложенных на теоретическую кривую рис. 4.28.

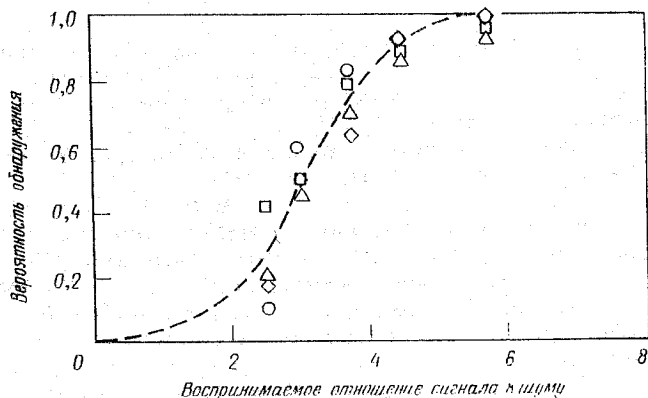


Рис. 4.28. Вероятность обнаружения прямоугольных тест-объектов в зависимости от $q_в$

Эта кривая представляет интегральный закон распределения гауссовой плотности вероятности. Обозначая вероятность обнаружения $P_{обн}$, как функцию через q_σ имеем

$$P_{обн}(q_\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_\sigma - \mu} e^{-\xi^2/2\sigma^2} d\xi. \quad (4.38)$$

Данные Розелла и Вильсона дают среднеквадратичное отклонение σ порядка 1 и среднюю величину μ порядка 3,2. Уравнение (4.38) можно сформулировать следующим образом. Величина P_{q_σ} есть вероятность того, что сигнал плюс мгновенное значение шума превышают $3,2\sigma$. Другой смысл этой функции распределения вероятности заключается в том, что вероятность правильного обнаружения сигнала на экране индикатора равна вероятности того, что отношение сигнала к шуму равно 3,2 или больше.

Различные эквивалентные выражения для этой функции имеют вид

$$P_{обн}(q_\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_\sigma - 3,2} e^{-\xi^2/2} d\xi, \quad (4.39)$$

$$P_{обн}(q_\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{q_\sigma - 3,2}^{\infty} e^{-\xi^2/2} d\xi, \quad (4.40)$$

$$P_{обн}(q_\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_\sigma} e^{-(\xi - 3,2)^2/2} d\xi, \quad (4.41)$$

$$P_{обн}(q_\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{q_\sigma - 3,2}^{\infty} e^{-(\xi - q_\sigma)^2/2} d\xi. \quad (4.42)$$

Для $q_\sigma > 1$ эта функция может быть аппроксимирована более простым выражением

$$P_{обн}(q_e) \approx 1 - \exp[-B(q_e - A)^2], \quad (4.43)$$

где пары параметров A и B могут иметь различные значения. Проще всего принять $A=1, B=0,15$.

При этом принимается гипотеза, что визуальная система устанавливает порог отношения сигнала к шуму как средство оценки значимости нервных импульсов. В результате при низком отношении сигнала к шуму оптические сигналы не обнаруживаются, однако и шумы очень низкого уровня не принимаются за сигналы. Таким образом, мы не воспринимаем периодически возникающие несуществующие объекты (ложные тревоги).

Данные Розелла и Вильсона дают среднюю характеристику для различных наблюдателей. Интервал изменения отношения сигнала к шуму от условий обнаружения с малой вероятностью к условиям обнаружения с высокой вероятностью для отдельных наблюдателей может быть уже, чем это следует из рис. 4.28, и полученное гауссово распределение является следствием различий в индивидуальных порогах и изменений условий наблюдения во времени.

Выше рассмотрен случай плоского объекта. В реальных ситуациях это допущение часто не выполняется. При анализе объемного объекта, создающего тень, следует исходить из того, что дешифрирование осуществляется как собственно по изображению объекта, так и по изображению его тени. Поэтому вероятность обнаружения объемного объекта следует рассматривать как вероятность наступления сложного события, состоящего в обнаружении либо объекта, либо его тени, а для ее расчета необходимо по изложенной выше методике вычислить вероятности обнаружения объекта и его тени, а затем объединить полученные результаты по известным соотношениям теории вероятности.

Основные характеристики канала утечки информации применительно к инфракрасной разведке

ИКРВ (видовая) – это разведка, которая формирует изображение объектов в ИК диапазоне волн (от 0,75 мкм). Она позволяет обнаружить объекты в сложных метеоусловиях, обеспечивает получение информации в виде изображений различных объектов и местности.

ИКРП (параметрическая) – разведка, формирующая координатные данные об объекте (пространственные координаты, пространственные скорости). Аппаратура ИКРП – это аппаратура предупреждения ракетного нападения.

Основной особенностью канала утечки информации применительно к ИКР является то, что тело помимо внешнего источника энергии имеет собственное ИК излучение. Поэтому всегда существует контраст между телом и фоном.

Измерив длину волны полученного ИК сигнала, можно определить его тип:

- 1) 0.75–1,1 мкм – отраженный сигнал
- 2) 2-5 мкм – собственное излучение
- 3) 9-14 мкм – интенсивное излучение (как отраженное, так и собственное).

Рассмотрим основные характеристики, которые потребуются для изучения данного раздела.

Поверхностная плотность потока излучения определяется как величина потока излучения, приходящаяся на единицу площади и имеет размерность $Вт/м^2$.

Различают также энергетическую освещенность и энергетическую светимость.

Энергетическая освещенность в точке поверхности – это отношение потока излучения, падающего на элемент поверхности и содержащего рассматриваемую точку, к площади этого элемента.

$$E(Вт/м^2) = \frac{\partial \Phi_n}{\partial A}, \quad (4.44)$$

где $\partial\Phi_n$ – падающий поток.

Энергетическая светимость в точке поверхности – это отношение потока излучения, испускаемого в полусферу элементом поверхности, содержащим данную точку, к площади этого элемента.

$$M(\text{Вт}/\text{м}^2) = \frac{\partial\Phi_u}{\partial A}, \quad (4.45)$$

где $\partial\Phi_u$ - испускаемый поток.

Спектральная освещенность – это толика освещенности, приходящаяся на данный диапазон (освещенность в данном диапазоне).

$$E_\lambda = \frac{\partial E}{\partial \lambda}. \quad (4.46)$$

Аналогично *спектральная светимость* – это светимость в данном диапазоне.

$$M_\lambda = \frac{\partial M}{\partial \lambda}. \quad (4.47)$$

Рассмотрим далее поверхностно-угловые характеристики плотности потока излучения.

Энергетическая яркость $L(\text{Вт}/\text{м}^2\text{ср})$ в данном направлении в произвольной точке, лежащей на поверхности объекта, - это отношение элементарного потока излучения в данной точке к произведению телесного угла, в котором он распространяется, и площади, которую он составляет, а также $\cos\theta$.

$$L = \frac{\partial \Phi}{\partial \Omega} * \frac{\partial \Phi}{\partial A} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \Omega * \partial A * \cos \theta}, \quad (4.48)$$

где θ – угол между направлением наблюдения и нормалью к площади, Ω - телесный угол.

Спектральная плотность энергетической яркости:

$$L_\lambda = \frac{\partial L}{\partial \lambda}. \quad (4.49)$$

Чтобы говорить о температуре, необходимо учесть определение абсолютно черного тела (АЧТ).

АЧТ – это тело, поглощающее все падающее на него излучение, не зависимо от направления падения, спектрального состава и поляризации, т. о. для АЧТ:

$$\text{коэффициент поглощения } \alpha(\lambda) = 1, \quad \lambda \in (-\infty; +\infty)$$

По закону Кирхгофа тела, находящиеся в состоянии термодинамического равновесия, поглощают столько энергии, сколько и испускают.

Энергетическая светимость зависит от двух параметров: $L(\lambda, T)$, но для АЧТ спектральный состав не важен, поэтому значение имеет лишь температура. В классической теории термодинамики энергетические характеристики определяются только температурой T . Т.о. АЧТ – это тело, которое излучает наиболее возможное количество энергии при данной T для всех длин волн. Заметим, что при различных температурах излучение по всем спектральным составляющим неодинаково.

АЧТ – это наиболее эффективный излучатель при данной температуре, и его излучающая способность зависит только от нее.

Для АЧТ различают температуру *радиационную*, *яркостную* и *цветовую*.

Радиационная энергетическая температура T_p – это температура АЧТ, при которой его мощность излучения равна мощности излучения данного реального источника.

Для радиационной T_p поток мощности излучения от АЧТ равен потоку мощности излучения от T реального тела.

$$\Phi_{\vartheta}(T_p)_{АЧТ} = \Phi_{\vartheta}(T)_p, \quad (4.50)$$

где $(T)_p$ – рабочая температура.

Яркостная температура – это температура АЧТ, при которой его спектральная плотность энергетической яркости для какой-либо длины волны равна энергетической яркости данного источника.

$$L_{\lambda}(T_p)_{АЧТ} = L_{\lambda}(T)_{pm}, \quad (4.51)$$

где $(T)_{pm}$ – температура реального тела.

Цветовая температура – это температура АЧТ, при которой относительное распределение его спектральной плотности энергетической яркости и данного источника максимально близки в видимой области.

$$\left(\frac{r_{\lambda_1 T_u}}{r_{\lambda_2 T_u}}\right)_{АЧТ} = \left(\frac{r_{\lambda_1 T}}{r_{\lambda_2 T}}\right)_{PT}. \quad (4.52)$$

Так как вся энергия в ИК спектре обусловлена тепловыми процессами, то необходимое нам отношение «сигнал/шум» в ИК диапазоне принимает вид отношения температур.

Воспринимаемое отношение с/ш q_{ϑ} определяется геометрией тела и отношением с/ш в его элементе разрешения q_{ϑ} .

$$q_3 = \frac{\Delta T_p * \tau_m}{\Delta T_0}, \quad (4.53)$$

где ΔT_0 - пороговая чувствительность тепловизора; τ_m - пропускание атмосферы; ΔT_p - перепад радиационных температур объекта и фона.

$$\Delta T_p = |\varepsilon_0(t_0 - t_\phi) + \eta_a(\varepsilon_0 - \varepsilon_\phi)|, \quad (4.54)$$

где ε_ϕ - коэффициент теплового излучения поверхности, η_a - коэффициент, который учитывает изменение радиационной температуры объекта за счет радиационного излучения от атмосферы и фона.

Коэффициент теплового излучения – это отношение энергетической светимости теплового излучателя к энергетической светимости АЧТ при той же температуре.

$$\varepsilon_\phi = \frac{M(T)}{M_{АЧТ}(T)}. \quad (4.55)$$

Атмосфера и фон отражают излучение, в том числе и в ИК диапазоне, изменяя радиационную температуру объекта. При этом коэффициент, который учитывает изменение радиационной температуры объекта за счет радиационного излучения от атмосферы и фона изменяется в следующих пределах:

$$\eta_a = \begin{cases} 30...35 \\ 15 \end{cases}, \quad (4.56)$$

где верхние значения – для ясной погоды или высокой облачности, нижнее- для низкой облачности.

Итак,

$$q_e = q_3 \sqrt{n_3}, \quad (4.57)$$

где n_3 - это отношение площади объекта к площади элемента разрешения; зависит от площади объекта и разрешения на местности.

Чем меньше перепад температур, тем больше должен быть объект, чтобы он был замечен.

Пусть Δl_p -линейная величина элемента разрешения на плоскости, тогда

$$n_3 = \frac{S_{об}}{S_{эп}} = \frac{S_{об}}{\Delta l_p^2}. \quad (4.58)$$

Пороговые значения n_3 и S_3 будем считать известными, так как человеческий глаз воспринимает целостное изображение.

Если два близкорасположенных тела имеют маленькое значение разницы температур, то они сливаются и воспринимаются как единое целое. Чем меньший контраст температур фиксирует прибор, тем он имеет лучшее разрешение.

Имея разницу по температуре можно пересчитать ее в разницу по пространству. В ИК технике разрешение меряют *предельной пространственной частотой* (минимальный объект, который еще виден). В ИК технике используются не черно-белые, а температурные миры. Миррами для ИК техники являются независимые источники, не имеющие возможности влиять друг на друга.

На малых углах пространственную частоту измеряют в м/рад, т. е. вводится угловая мера измерения $\nu_T = [\text{мрад}^{-1}]$

(рис. 4.29), при этом D – это дальность до объекта, угол α прямо зависит от размера объекта l .

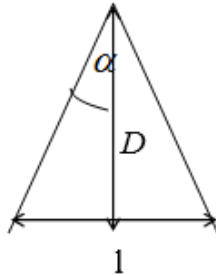


Рис. 4.29. Измерение пространственной частоты

Таким образом, γ_p прямопропорциональна $f(\Delta l_p)$.

Пересчет температуры в разницу по пространству идет умножением пространственных частот на дальность наблюдения.

$$\Delta l = \nu D.$$

Рассмотрим *пример*. Пусть значение пространственной частоты ν видового диапазона равно 10м^{-1} , тогда $\Delta l = \frac{1}{\nu}$, а так как в видимом диапазоне разрешение есть период мирры, то разрешение ее $\Delta l = 0,1\text{ м}$.

$\nu_T = 0,1\text{мрад}^{-1}$ – это угол, при котором на заданном расстоянии различаются два объекта по температуре.

Рассмотрим связь между заданной температурой и предельной пространственной частотой, при которой этот объект еще различим.

$$\Delta T_p = \frac{3,39\Delta T_0\alpha\nu_{II}}{k(\nu_{II})I}, \quad (4.59)$$

где ΔT_0 – чувствительность прибора, α – угловой размер чувствительного элемента приемника излучения, $k(\nu_{II})$ – предельно-частотная характеристика ИК аппаратуры в точке предельной пространственной частоты, I – коэффициент временного интегрирования зрительного анализатора. На рис. 4.30. представлена предельно частотная характеристика ИК аппаратуры.

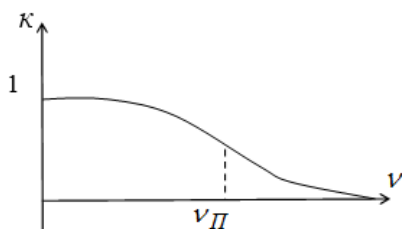


Рис. 4.30. График предельной пространственной частоты

Перерасчет размеров от угловых к линейным ведется по формуле:

$$\Delta l_p = 10^{-3} * \nu_{II} * D. \quad (4.60)$$

4.3.2. Методы и средства защиты информации от визуально-оптических, фотографических и оптико-электронных средств разведки

Защита от 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 проводится целенаправленно в расчете на получение необходимого маскировочного эффекта, который оценивается снижением вероятности правильного решения задач разведкой противника.

Чем качественнее проведены мероприятия по скрытию объекта, тем меньше вероятность его обнаружения и распознавания, тем выше маскировочный эффект.

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 неплотным 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 определяется контрастной чувствительностью зрения.

Для обнаружения или распознавания 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, скрывание 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 скрыванием 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;
- придание объектам маскирующих форм;
- маскировочное окрашивание;
- использование оптических искусственных масок;
- применение макетов и ложных сооружений.

Ниже более детально рассматриваются перечисленные способы 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, исключая или затрудняющие возможность обнаружения скрываемых объектов средствами космической, воздушной, морской или наземной разведки.

По количеству естественных масок, имеющих 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 такой 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 этом искажается 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.

Маскировке 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.

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.

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:

- а) одернование поверхностей;
- б) посев семян трав;
- в) 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 табл. 4.4.

Внесением в почву удобрений имитируются канавы, заболоченные участки и т. д., так как удобрения придают травяному 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.

Дымовые завесы применяются для скрyтия объектов от визуально-оптических средств противника. 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).

Таблица 4.4

Данные для выбора гербицидов

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 хлорстым цинком (FeSO ₄ +ZnCl ₂)	Темно-бурый (почти черный)	1	FeSO ₄ -50 ZnCl ₂ -25	2-3	FeSO ₄ -40 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 вынутаго грунта дороги	3-6
Бертолетова соль (хлорат калия) (KClO ₂)	То же	5-6	10-20	3-4	10-15		То же	0,5-3

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 $V < 1,5$ 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 морозящие дожди улучшают маскирующую способность дымовой завесы. Сильный дождь рассеивает дымовую завесу. Характеристика метеорологических условий, влияющих на дымопуск, приведена в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Характеристики условий наблюдения

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

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 ложины 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.

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 2х2 км. На каждом участке устанавливают от 8 до 16 дымовых машин, т. е. на 1 км² устанавливается 2-4 дымовые точки. Этот способ применяется при задымлении участка размером не менее 20 км, на котором располагается несколько объектов

Наиболее целесообразно применять указанный способ на резко пересеченной местности или на местности с наличием растительности при слабых и штилевых ветрах (рис. 4.31).

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 км², на которой располагается один объект. Целесообразно применять

кольцевой способ на относительно ровной местности, хорошо продуваемой ветрами (рис. 4.32).

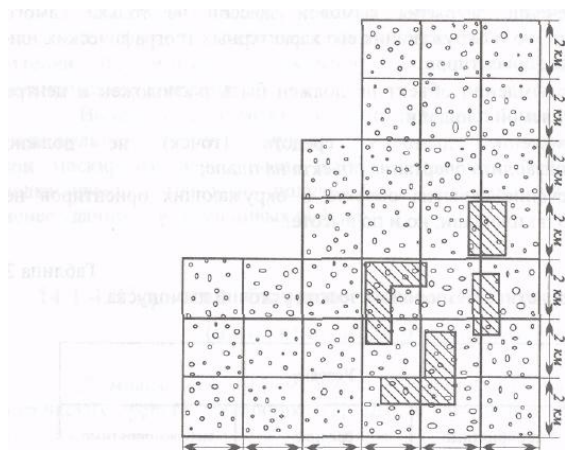


Рис. 4.31. Схема задымления объектов «по площади»

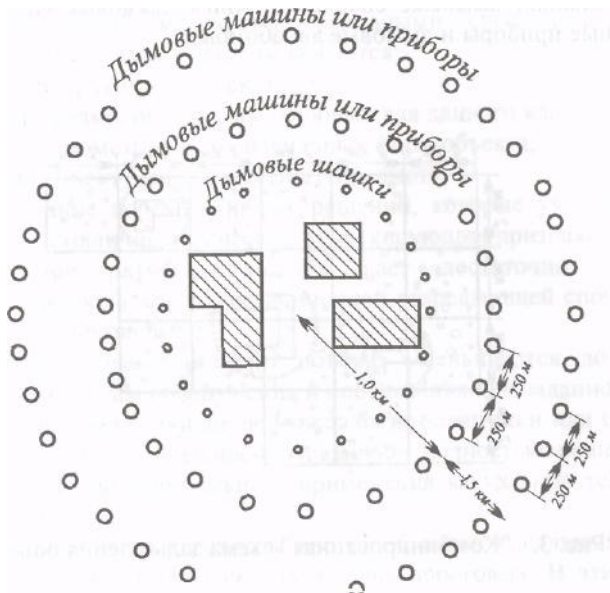


Рис. 4.32. «Кольцевая» схема задымления объектов

Комбинированный способ заключается в том, что каждый скрываемый объект в отдельности прикрывается кольцевым способом, а участок местности расположения объектов прикрывается способом «по площади».

Поэтому комбинированный способ применяется при наличии нескольких объектов, расположенных на расстоянии 3-4 км один от другого.

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.

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.

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.

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;
- придание 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. 4.33 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.

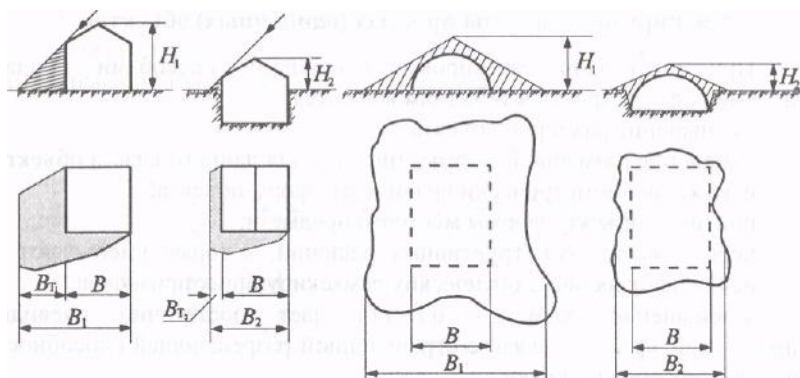


Рис. 4.33. Уменьшение наблюдаемых размеров объектов при частичном заглублении конструкций

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.

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 устраняются основные видовые демаскирующие признаки объекта. Искажение геометрически правильных форм достигается приданием 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. 4.34. Для деформации контуров можно предложить большое число различных вариантов, однако во всех случаях необходимо при этом руководствоваться следующими основными требованиями.

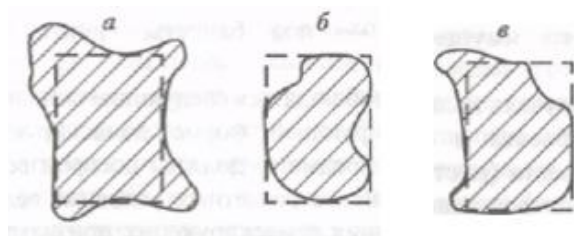


Рис. 4.34 - Способы деформации контуров:

а – 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.

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.

Маскировочное окрашивание применяется для изменения цвета объекта, маски или фона в целях скрытия объекта.

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 распятнения 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 ρ_λ .

Для маскировочного окрашивания используются три вида окраски:

- защитная окраска;
- имитирующая окраска;
- деформирующая 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.

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 табл. 4.6.

Таблица 4.6

Виды красок для маскировочного окрашивания

Фон	Краски
Фон зеленой растительности	Зеленые: ХВ-518, ПВХ-512, ХС-744, ПВХ-10
Пустынные и полупустынные фоны	Желто-землистая (песочного цвета): НЦ-132
Снежный фон	Темно-коричневая: ПФ-115 Белые эмали ХВ-1 и ПВХ-1, белила цинковые, литопоновые и титановые

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), продолжают 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.

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. 4.35).

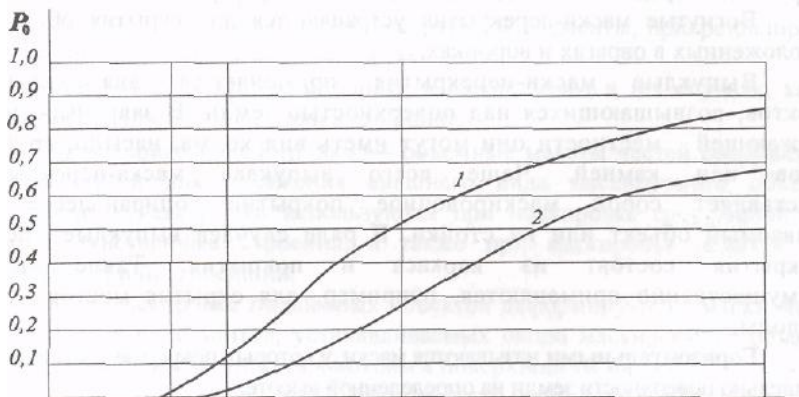


Рис. 4.35. Вероятность обнаружения техники с защитной (1) и деформирующей (2) окраской при дешифрировании аэрофотоснимков

Размеры пятен деформирующей окраски должны обеспечить различие пятен при разведке с заданных расстояний.

Форма и расположение пятен деформирующей окраски должны возможно больше исказить 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.

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.

По назначению, конструкции 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 скрывания 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 скрывания 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 скрывания возводимых сооружений, при строительстве которых применяются землеройные машины, а также для маскировки дежурных 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 скрывания 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 деформирующим или имитирующим 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.

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.

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

$$\Delta L = \Delta l m,$$

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. 4.36 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.

Стационарные макеты создаются на месте применения для одноразового пользования.

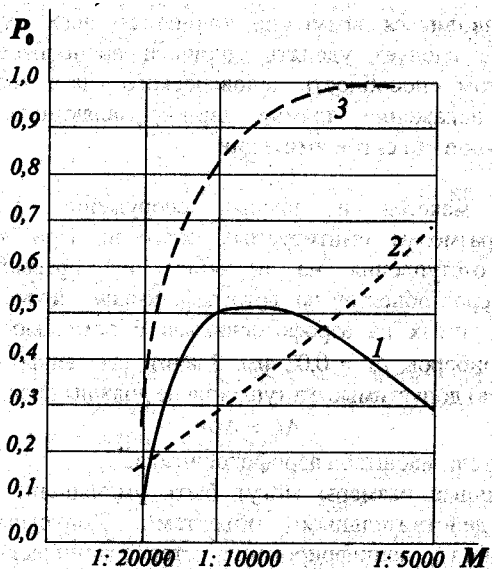


Рис. 4.36. Вероятность опознавания макетов танков при дешифрировании аэрофотоснимков (разрешающая способность $R=20 \text{ мм}^{-1}$): 1 - вероятность принятия макетов за действительные танки P_1 ; 2 - вероятность опознавания макетов как ложных объектов P_2 ; 3 - сумма вероятности $P_1 + P_2$ - вероятность опознавания вида техники

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. Брустверы 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 утемняющим 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.

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, распятение местности и другие рассмотренные выше приемы, а также имитацию объектов с воспроизведением необходимых демаскирующих признаков.

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 диапазоне 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 распятнения 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 преградами, 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-утилизаторы 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 табл. 4.7, 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 :

$$B_T = \varepsilon_T \cdot \sigma T^4,$$

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. Излучательная способность некоторых красок, лаков и эмалей приведена в табл. 4.7.

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 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.

Таблица 4.7

Краски для тепловой маскировки

№ п/п	Наименование красящего материала	Температура Т, °С	Суммарная относительная излучательная способность ϵ_T
1	Краски масляные с минеральными	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.

Для борьбы с теплом, которое в большом количестве выделяется при запуске баллистических ракет с надводных кораблей, можно заполнять воздухом междубортное пространство, а заборной водой - трюм, из которого производится запуск ракеты, применять теплоизолирующие материалы с одновременным охлаждением заборной 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 четыреххлористый 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 изготавливаются 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-Квейл» 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. В табл. 4.8 представлены размеры «окон» прозрачности атмосферы на уровне моря и соответствующие их температуры максимального ИК излучения (Т).

Таблица 4.8

Размеры окон прозрачности атмосферы на уровне моря и соответствующие их температуры максимального ИК излучения

Длина волны окна ,мкм	Температура максимального ИК излучения, °С
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

С увеличением высоты ширина таких «окон» увеличивается из-за меньшей плотности воздуха и водяных паров.

В полосах поглощения атмосферы, которые расположены между «окнами» прозрачности, скрывание или воспроизведение ИК излучения не обязательно.

Маскировка объекта от тепловых средств разведки может осуществляться и при создании активных помех в

соответствующих участках ИК диапазона. Такие помехи затрудняют обнаружение и распознавание объектов.

4.4. Методические основы защиты информации от радиолокационной разведки

Расчет разрешающей способности

Расчет разрешающей способности в направлении трассы полета. РЛС БО – когерентная импульсная РЛС. В приемном устройстве РЛС выделяется сигнал доплеровской частоты. Доплеровская частота равна

$$F_{д} = \frac{2V_n}{\lambda} \sin \theta, \quad (4.61)$$

где V_n – путевая скорость объекта;

λ – длина волны, зондирующего сигнала;

θ – угол между направлением оси Z и вектором скорости.

При свертке сигналов доплеровской частоты в центре каждого элемента они складываются в фазе, как показано на рис. 4.37. За пределами элемента фаза сигнала может рассматриваться как случайная. Происходит частичная компенсация. В результате в центре каждого элемента формируется пик, существенно превышающий уровень фона. При оценке разрешающей способности будем полагать, что ширина диаграммы направленности вдоль трассы полета определяется половиной длины волны сигнала на доплеровской частоте. Период сигнала доплеровской частоты

на i -м элементе $T_{дi} = \frac{\lambda}{V_n \sin \theta}$.

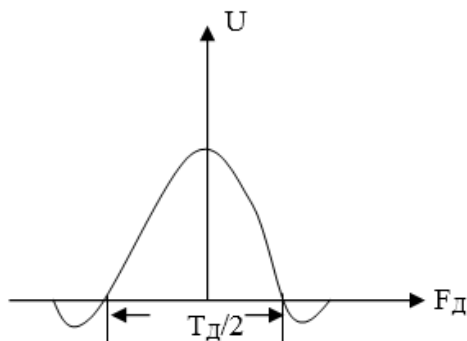


Рис. 4.37. Свертка сигналов

Расстояние на поверхности земли, которое аппарат со скоростью V_n проходит в течение полупериода и есть разрешающая способность:

$$l_p \approx \frac{\lambda}{2}. \quad (4.62)$$

С другой стороны, известно, что ширина диаграммы направленности антенны приблизительно оценивается формулой

$$\lambda/d_a, \quad (4.63)$$

где d_a – апертура антенны.

Сравнивая (4.62) и (4.63), приходим к следующим выводам:

- разрешающая способность РЛС БО вдоль трассы полета зависит от длины: чем короче волна, тем выше разрешающая способность;

- разрешающая способность РЛС БО не зависит от дальности до наблюдаемого объекта; она определяется только диаметром антенны и равна $\frac{d_a}{2}$.

Расчет разрешающей способности в направлении, перпендикулярном трассе полета. РЛС БО работает с импульсным сигналом. Сигналы излучаются под углом выноса антенны (рис. 2.19) в плоскостях OX . Они распространяются в направлении поверхности земли и, достигнув ее, отражаются. Отраженные сигналы принимаются антенной. Излучение и прием производится в растворе диаграммы направленности антенны. Ширина диаграммы $\theta_{ax} \neq \theta_{ay}$ (рис. 2.19, 4.38). Механизм разрешения элементов площадки объясним (рис. 4.38). «Развертка» элементов площадки происходит за счет естественного запаздывания импульсных сигналов.

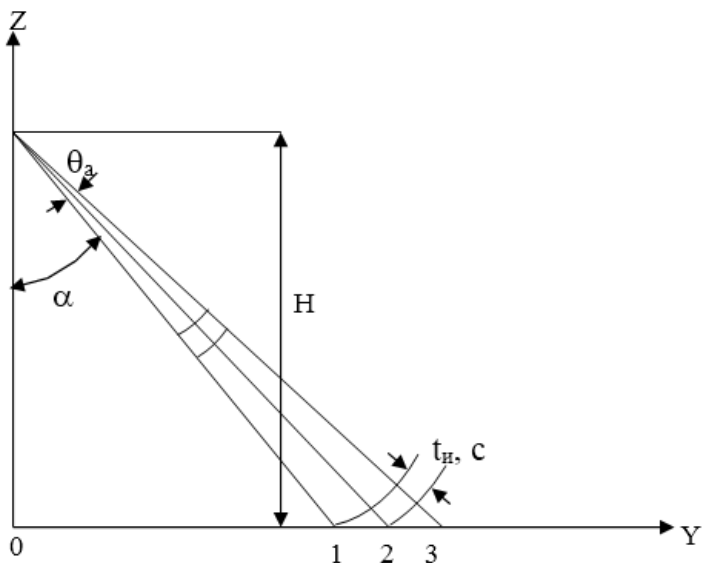


Рис. 4.38. Схема работы РЛС БО

Это запаздывание

$$t_3 = \frac{D_i}{c} \quad (c - \text{скорость света}).$$

Фронт сигнала «1-3» достигает поверхности площадки в точках «1» и «2» не одновременно. Процесс отражения занимает интервал времени Δt , пропорциональный длительности импульса $t_{и}$.

С учетом всего интервала разрешающая способность в направлении оси Y оказывается равной

$$l_{py} = \frac{ct_{и}}{\cos \alpha_B}, \quad (4.64)$$

где c – скорость распространения радиоволн; $t_{и}$ – длительность импульса; α_B – угол выноса антенны. Таким образом, в РЛС БО разрешающая способность в направлении оси Y зависит от длительности импульсов. Чем короче импульс, тем выше разрешающая способность.

Дальность действия РЛС БО определяется энергией излучаемых импульсов. Эта энергия равна $\varepsilon = U^2 t_{и}$. Требования к разрешающей способности и к дальности, таким образом, оказываются противоречивыми. Для того, чтобы преодолеть противоречие, в РЛС БО используют различные виды внутриимпульсной модуляции. Наибольшее распространение получила внутриимпульсная линейная частотная модуляция (ЛЧМ). Это объясняется относительной простотой конструирования модулирующих устройств подобного типа. В передающем устройстве импульс перед излучением модулируется ЛЧМ. В приемном устройстве принятые сигналы демодулируются. Это позволяет в РЛС БО выполнить требование и по дальности, и по разрешающей способности одновременно. Она зависит также от угла выноса антенны. При $\alpha_B = 90^\circ$ $l_{py} = \infty$, т.е. разрешающая способность отсутствует. Именно поэтому РЛС с синтезированной антенной получили наименование радиолокационных станций бокового обзора. Разрешающая способность появляется лишь в меру разрастания угла выноса.

Из принимаемых импульсных сигналов выделяется сигнал доплеровской частоты (например, с помощью узкополосного фильтра). Они используются при обеспечении разрешающей способности в направлении трассы полета. Импульсы подвергаются задержке (например, с помощью дисперсионной линии задержки). Цель задержки – осуществить свертку всех принятых сигналов на соответствующей позиции ΔS_{ij} (рис. 2.20), точно так же, как в рассмотренном ранее случае свертки доплеровских сигналов. Вид свертки во времени показан на рис. 4.39.

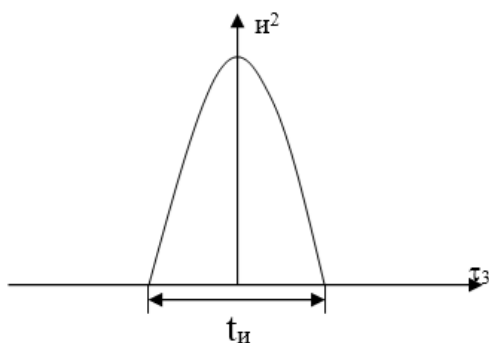


Рис. 4.39. Вид свертки во времени

Методы и средства защиты информации от средств радиолокационной разведки

Возможности обнаружения наземных объектов зависят от радиолокационного контраста объекта с фонами, разрешающей способности применяемых средств разведки, наличия помех на пути распространения радиоволн.

При проведении маскировочных мероприятий с целью затруднения обнаружения объектов разведки применяются следующие способы:

- снижение радиолокационного контраста объектов с фоном путем уменьшения различий между ними по отражающей способности;

- использование маскирующих свойств местности и гидрометеоров;
- применение конструктивных решений, исключающих появление радиолокационных демаскирующих признаков;
- применение технических средств для скрывания действительных и показа ложных объектов;
- использование активных средств 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.

Снижение радиолокационного контраста объектов может быть достигнуто:

- приданием поверхностям объекта малоотражающих форм;
- применением радиолокационных масок и экранов;
- применением специальных противорадиолокационных покрытий.

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 радарокатор и рассеивание отраженной энергии в разные стороны.

На рис. 4.40 приведены сравнительные величины ЭПР простых отражателей, у которых геометрические площади S облучаемых поверхностей равны (1 м^2). Наибольшую величину $\sigma_{\text{ц}}$ при равновеликих геометрических размерах имеют объекты, в конструкции которых преобладают плоскостные или цилиндрические поверхности, нормальные к направлению облучения, а также уголкового 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, пирамидальными или плоскими с определенным углом наклона к горизонту.

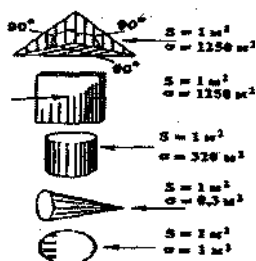


Рис. 4.40. Сравнительные величины ЭПР отражателей различной геометрической формы

Прежде всего, необходимо устранить из конструкции защищаемого объекта уголкового 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 уголкового 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 уголкового отражатели с большими размерами граней.

Снижение радиолокационного контраста может быть достигнуто, если вертикальные поверхности защищаемого объекта делать не гладкими, а рельефными (гофрированными). На рис. 4.41 показана такая керамическая пластина, которую предложено использовать для маскировки жилых зданий и промышленных предприятий. В нижнюю часть пластины можно вводить компоненты, поглощающие радиоволны.



Рис. 4.41. Керамическая пластина, рассеивающая падающую на нее энергию радиоволн

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, стенке причала и т. д.). На рис. 4.42 изображена схема защиты противолокационным экраном подводной лодки, стоящей в базе.

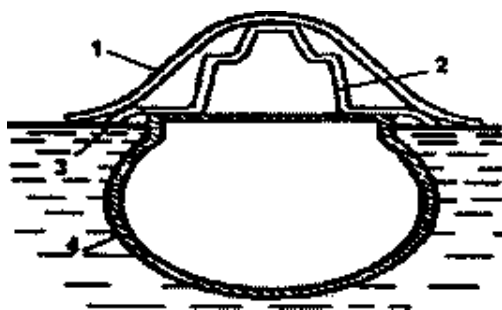


Рис. 4.42. Противорадиолокационный экран на подводной лодке: 1 - экран; 2 - рубка; 4 - корпус лодки

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 $50-60^\circ$. 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 наклонными рейками. Толщина матов из подручных материалов должна соответствовать длине волны радиолокационной станции. С увеличением длины волны должны использоваться подручные материалы с возрастающей толщиной. Так, для волны 3.2 см толщина матов из хвороста должна быть не менее 6 см, а из камыша - 12 см; при уменьшении 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 угольковых, 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 отражателя 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. 4.43).

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 уголкового отражателя не работает. Наоборот, при четном числе полуволн отражение усиливается. В результате, диаграмма направленности отражателя принимает вид, показанный на рис. 4.43. 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.

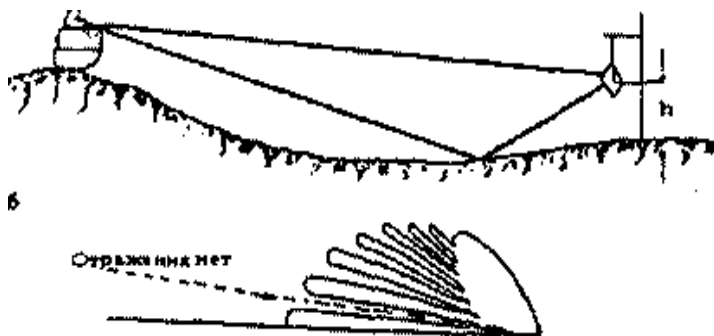


Рис. 4.43. Работа уголкового отражателя, расположенного над землей: а - прохождение лучей; б - диаграмма направленности отражателя при установке на малой высоте

С увеличением высоты подъема отражателя над землей зеркальное отражение от нее становится меньше, изрезанность диаграмм уменьшается и при высоте около 60 Д 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:

$$\varepsilon = \varepsilon_r + j\varepsilon_k, \quad \mu = \mu_r + j\mu_k. \quad (4.65)$$

Можно записать также

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon, \quad \mu = \mu_0 + \mu, \quad (4.66)$$

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:

$$R = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}, \quad (4.67)$$

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 (4.67) имеем:

$$R = \frac{1 - \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}}{1 + \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}}. \quad (4.68)$$

Условием полного поглощения падающей радиоволны покрытием является:

$$R=0. \quad (4.69)$$

Очевидно, что $R=0$ при равенстве диэлектрической и магнитной проницаемости материала покрытия, т. е. при $\epsilon=\mu$.

По конструктивному выполнению поглощающие материалы разделяются на два основных вида:

- радиопоглощающие покрытия – материалы, которые наносятся на поверхность (как правило, металлическую) защищаемого объекта;

- радиопоглощающие конструкционные материалы. Такие материалы, используемые для сооружения военных или промышленных объектов, сочетают в себе наряду с высокими прочностными характеристиками свойство поглощать радиоволны, излучаемые РЛС.

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. 4.44) 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.

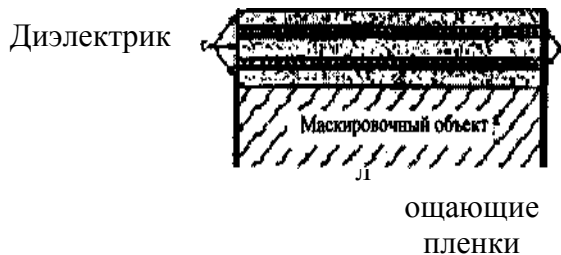


Рис. 4.44. Радиопоглощающий материал – один из видов многослойного поглощающего материала (разрез)

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.

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. Взаимное ослабление двух волн будет происходить, если между ними будет сдвиг по фазе на $\lambda/2$ (или π). Для этого необходимо выполнить следующее условие:

$$2l\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} = \frac{(2i + 1)\lambda}{2}, \quad (4.70)$$

$$l = \frac{(2i + 1)\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}, \quad (4.71)$$

где l - толщина покрытия,
 n - коэффициент преломления покрытия,
 θ - угол падения волны,
 $i=1,2,3,\dots$ - целое число.

$$\beta = \ln \frac{1}{|\mathbf{R}|}, \quad (4.72)$$

где β - коэффициент поглощения радиоволны за одно прохождение покрытия в прямом и обратном направлении;
 $|\mathbf{R}|$ - модуль коэффициента отражения покрытия.

Условия (4.70) и (4.71) определяют параметры интерференционного покрытия. Условие (4.72), кроме того, 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.

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 поверхностной 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

$$K = \frac{\sigma_{\text{пц}} + \sigma_{\text{ц}}}{\sigma_{\text{пц}}} \leq 1,3 + 1,4, \quad (4.73)$$

где $\sigma_{\text{ц}}$ - ЭПР точечной цели;
 $\sigma_{\text{пц}}$ - ЭПР поверхностной цели.

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

$$h \leq \frac{\lambda}{16 \sin \varepsilon} \quad (4.74)$$

Большинство поверхностных целей имеют величину неровностей, не удовлетворяющих соотношению (4.74). 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).

Например, бетонированные асфальтовые шоссе и дороги и взлетно-посадочные полосы на аэродромах рекомендуется маскировать с учетом окружающего фона следующим образом. 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 данные о расположении радиолокационных станций противника на местности, можно подсчитать границы их зоны обнаружения по известной формуле

$$R = 3,57(\sqrt{h} + \sqrt{H}), \quad (4.75)$$

где R – дальность прямой видимости, км;

h – высота антенны РЛС, 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, укрытые 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. 4.45). 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.

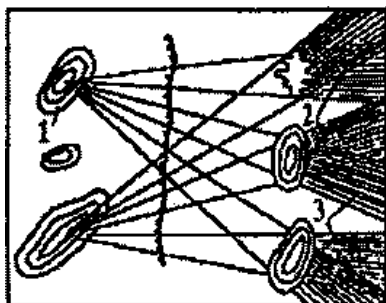


Рис. 4.45. Построение полей невидимости: 1- позиции РЛС противника; 2- поля невидимости двух РЛС; 3- поля невидимости одной РЛС

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, 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.

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 n открыто установленных отражателей для имитации одной единицы техники производят из условия равенства средних эффективных отражающих

площадей имитируемого объекта $\bar{\sigma}_{об}$ и применяемых уголкового отражателей $n \cdot \bar{\sigma} = \bar{\sigma}_{об}$. 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 радиоволн количество отражателей внутри макета потребует увеличить. Радиоволны проходят сквозь оболочку макета дважды, к отражателю и обратно. Поэтому при радиопрозрачности оболочки $\tau_{рл}$ средняя эффективная отражающая площадь уголкового отражателя снижается до величины $\tau_{рл}^2 \bar{\sigma}$. Следовательно, необходимое для имитации количество n_{τ} отражателей, определенное из условия $n_{\tau} \cdot \tau_{рл}^2 \cdot \bar{\sigma} = \bar{\sigma}_{об}$, составит

$$n_{\tau} = \frac{\bar{\sigma}_{об}}{\tau_{рл}^2 \bar{\sigma}} = \frac{n}{\tau^2}. \quad (4.76)$$

Например, внутри макета с прозрачностью оболочки $\tau_{рл}=0,7$ нужно 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;
- брезент - 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 уголковых 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы, необходимые для овладения знаниями в области выявления технических каналов утечки информации и определения способов защиты информации от ее добывания с использованием технических средств.

Рассмотрена классификация средств разведки по физическим принципам действия аппаратуры разведки. Приведены исторические сведения и характеристика некоторых современных средств.

Для каждого вида разведки рассмотрены аналитические соотношения, определяющие возможности по регистрации и измерению характеристик объектов.

Приведена краткая информация о способах защиты информации.

Учебное пособие служит основой для овладения методическим подходом к оценке возможностей и обоснованию мер защиты информации от ее добывания техническими средствами разведки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мирошников, М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов [Текст] / М. М. Мирошников. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1983.
2. Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника [Текст] / В. И. Тихонов. – М.: Сов. радио, 1966.
3. Мельканович, А. Ф. Фотографические средства и их эксплуатация [Текст] / А. Ф. Мельканович. – МО СССР, 1984.
4. Ллойд, Д. Системы тепловидения [Текст]: пер. с англ. / Д. Ллойд; под ред. А. И. Горячева. – М.: Мир, 1978.
5. Быков, В. В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике [Текст] / В. В. Быков. – М.: Сов. радио, 1971.
6. Живичин, А. Н. Дешифрирование фотографических изображений [Текст] / А. Н. Живичин, В. С. Соколов. – М.: Наука 1980.
7. Технические средства разведки [Текст] / под ред. проф. В. И. Мухина. – М.: РВСН, 1992.
8. Хорев, А. А. Способы и средства защиты информации [Текст] / А. А. Хорев. – М.: МО РФ, 1998.
9. Высокоточное оружие и борьба с ним [Текст] // Вооружение, политика, конверсия. – 1996.
10. Вакин, С. А. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки [Текст] / С. А. Вакин, Л. Н. Шустов. – М.: Сов. радио, 1968.
11. Лаврова, А. П. Космическая фотосъемка [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. П. Лаврова. – М.: Наука, 1983. – 288 с.
12. Мухин, В. И. Основы маскировки объектов [Текст] / В. И. Мухин. – М.: МО СССР, 1969.
13. Криксунов, Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники [Текст] / Л. З. Криксунов. – М.: Сов. радио, 1978. – 400 с.
14. Инженерный справочник по космической технике

[Текст] / под ред. А. В. Солодова. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Воениздат, 1977. – 432 с.

15. Радиолокационные станции воздушной разведки
[Текст] / под ред. Г. С. Кондратенкова. – М.: Воениздат, 1983. – 152 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ	4
1.1. Происхождение технической разведки	4
1.2. Понятие технических разведок	10
1.3. Организация технической разведки.....	23
1.4. Классификация технических разведок	29
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДОВ РАЗВЕДКИ, ВЫДЕЛЕННЫХ ПО ВИДАМ ПОЛУЧАЕМЫХ СВЕДЕНИЙ	37
2.1. Видовая разведка	37
2.2. Сигнальная разведка.....	73
2.2.1. Радиоэлектронная разведка	73
2.2.2. Акустическая разведка.....	84
2.3. Параметрическая разведка.....	87
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ, ВЫДЕЛЕННЫХ ПО ВИДУ ПРОСТРАНСТВА.	96
3.1. Космическая разведка	96
3.2. Воздушная разведка	111
3.3. Морская разведка.....	119
3.4. Наземная разведка	131
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	138
4.1. Модели разведывательных ситуаций	138
4.2. Методические основы защиты информации от радиотехнической разведки	151
4.2.1. Математическая модель оценки опасности радиотехнической разведки.....	151
4.2.2. Методы и средства защиты информации от радиотехнической разведки	155
4.3. Методические основы защиты информации от оптико-электронной разведки.....	178

4.3.1. Модели каналов оптико-электронной разведки	178
4.3.2. Методы и средства защиты информации от визуально-оптических, фотографических и оптико-электронных средств разведки	199
4.4. Методические основы защиты информации от радиолокационной разведки	246
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	270
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	271

Учебное издание

Бабурин Александр Вильямович
Пахомова Анна Степановна

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В авторской редакции

Подписано к изданию 27.08.2015.

Объем данных 5,34 Мб.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14