

**Череповецкое высшее военное инженерное  
училище радиоэлектроники**

**Р.Л. Михайлов**

# **Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США**

**Санкт-Петербург  
2018**

Череповецкое высшее военное инженерное  
училище радиоэлектроники

Р.Л. Михайлов

Радиоэлектронная борьба  
в Вооруженных силах США

Санкт-Петербург  
2018

УДК 621.396.663  
ББК 68.46  
М69

Рецензент:  
канд. техн. наук, доцент *В.В. Уткин*

**М69 Михайлов Р. Л.**

Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США: военно-теоретический труд. – СПб.: Научное издание, 2018. – 131 с.

В работе на основе открытых источников отражены взгляды военного руководства США на ведение радиоэлектронной борьбы. Проведен анализ соответствующих руководящих документов, приведены сценарии применения систем РЭБ в вооруженных конфликтах. Рассмотрены способы подавления систем связи, управления и навигации. Подробно разобраны силы и средства РЭБ ВВС, авиации ВМС и Сухопутных войск ВС США. Затронуты вопросы функционального поражения объектов. Показаны перспективы развития средств РЭБ.

Материал адресован специалистам, ведущим прикладные исследования в области радиоэлектронной борьбы.

Научное издание: военно-теоретический труд.

Напечатано с оригинал-макета, подготовленного в Череповецком высшем военном инженерном училище радиоэлектроники.

© Михайлов Р.Л., 2018  
© Научное издание, 2018.

## Список используемых сокращений

AARGM	– Advanced Anti–Radiation Guided Missile – перспективная управляемая противорадиолокационная ракета;
AEA	– Airborne Electronic Attack – программа по применению авиационных групповых средств РЭБ в рамках единого комплекса;
ABL	– Airborne Laser – проект "воздушный лазер";
AMMP	– AEA Mission Management Processing – подсистема обработки и управления комплексом РЭБ АЕА;
AWACS	– Airborne Warning and Control System – система дальнего радиолокационного обнаружения и управления авиацией;
AEA	– Airborne Electronic Attack – программа по применению авиационных групповых средств РЭБ в рамках единого комплекса;
C <sup>3</sup> CM	– Command, Control and Communication Counter Measures – борьба с системами боевого управления (концепция);
CCJ	– Core Component Jammer – ядро (компонент для) создания нового комплекса радиоэлектронной борьбы;
CEASAR	– Communications Electronic Attack with Surveillance and Reconnaissance – комплекс РЭБ и радиоэлектронной разведки;
CHAMP	– Counter–electronic High Power Microwave Advanced Missile Project – проект демонстрационного образца нелетального СВЧ-оружия на воздушной платформе;
CIWS	– Close–In Weapon System – орудийная система ближнего боя;
COIL	– Chemical Oxygen Iodine Laser – химический лазер;
DARPA	– Defense Advanced Research Projects Agency – Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США;
DEA	– Defensive Electronic Attack – комплекс радиоэлектронной защиты;
DRFM	– Digital Radio Frequency Memory – цифровое устройство запоминания радиочастот;
EFVS	– Electronic Fight Vehicle System – мобильная система радиоэлектронной борьбы;
EWPMТ	– Electronic Warfare Planning and Management Tools – комплекс планирования и управления радиоэлектронной борьбой;
FCS	– Future Combat Systems – Боевые системы будущего (программа);
FEL	– Free Electron Laser – лазер на свободных электронах;
HARM	– High–speed Anti–Radar Missile – высокоскоростная противорадиолокационная ракета;
HEL MD	– High Energy Laser Mobile Demonstrator – опытный высокоэнергетический мобильный лазер;
HIRAT	– High–power Ram Air Turbine – высокомошные генераторные турбины набегающего потока;
HMMWV	– High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – высокоподвижное многоцелевое колесное транспортное средство;
HPM	– High Power Microwave – СВЧ или микроволновое оружие;
IDECM	– (Integrated Defensive Electronic Countermeasures – интегрированная система РЭБ индивидуальной защиты самолетов;
IEWCS	– Intelligence and Electronic Warfare Common Sensor – единые средства разведки и электронной войны (программа);
IEWS	– Integrated Electronic Warfare System – интегрированная система радиоэлектронной борьбы;
INCANS	– INterference CANcellation System – устройство исключения собственных помех;
INSCOM	– Intelligence and Security Command – Командование разведки и безопасности;

JTIDS	– Joint Tactical Information Distribution System – объединенная распределенная боевая информационная система;
LaWS	– Laser Weapon System – лазерная система вооружения;
MALD	– Miniature Air–Launched Decoy – миниатюрная воздушная ложная цель;
MFEW	– Multi–Function Electronic Warfare – многофункциональный комплекс радиоэлектронной борьбы;
MLD	– Maritime Laser Demonstrator – опытный морской лазер;
NCW	– Network–Centric Warfare – сетцентрическая война;
NERO	– Networked Electronic Warfare, Remotely Operated – сетевой комплекс радиоэлектронной войны с дистанционным управлением;
NGJ	– Next Generation Jammer – система радиоэлектронного подавления следующего поколения;
RAT	– Ram Air Turbine – генераторная турбина набегающего потока;
RFW	– Radio Frequency Weapon – радиочастотное оружие;
SINCGARS	– Single Channel Ground and Airborne Radio System – система связи тактического звена управления;
TLS	– Tactical Laser System – тактическая лазерная система;
TRACS	– Tactical Radio Acquisition and Countermeasures Subsystem – тактическая система радиоразведки и радиоэлектронного подавления;
TTD	– True Time Delay – задержка сигнала в реальном масштабе времени;
АЛВЦ	– автономная ложная воздушная цель;
АМ	– амплитудная модуляция (сигнала);
АСУ	– автоматизированная система управления;
АФАР	– активная фазированная антенная решетка;
ббр	– боевая бригада;
БПЛА	– беспилотный летательный аппарат;
БРЭО	– бортовое радиоэлектронное оборудование;
ВВС	– Военно-воздушные силы;
ВВТ	– вооружение и военная техника;
ВМГ	– взрывомагнитный генератор;
ВМС	– Военно-морские силы;
ВС	– Вооруженные силы;
ВТО	– высокоточное оружие;
ВЧ	– высокие частоты (диапазон радиосвязи);
ГСН	– головка самонаведения;
ДКМ	– декаметровый (диапазон радиосвязи);
КНШ	– Комитет начальников штабов ВС США;
КПД	– коэффициент полезного действия;
КРВБ	– крылатая ракета воздушного базирования;
ЛА	– летательный аппарат;
ЛВЦ	– ложная воздушная цель;
ЛРС	– линия радиосвязи;
ЛЦ	– ложная цель;
ЛЧМ	– линейная частотная модуляция (вид радиосигнала);
МВ	– метровые волны (диапазон радиосвязи);
ММВ	– миллиметровые волны (диапазон электромагнитных волн);
МО	– Министерство обороны;
МП	– морская пехота;
МППУ	– малогабаритное приемопередающее устройство;
МСВЧ	– монолитные сверхвысокочастотные (интегральные схемы);
НАТО	– Организация Североатлантического договора;

НИОКР	– научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
ОВС	– объединенные вооруженные силы;
ОВЧ	– очень высокие частоты (диапазон радиосвязи);
ОСШП	– отношение сигнал/(шум + помеха);
ПВО	– противовоздушная оборона;
ПЛИС	– программируемая логическая интегральная схема;
ПО	– программное обеспечение;
ПОИ	– передатчики одноразового использования;
ППРЧ	– псевдослучайная перестройка рабочей частоты;
ПРО	– противоракетная оборона;
ПУ	– пункт управления;
ПЭ	– программный элемент;
РЛС	– радиолокационная станция;
РРЛ	– радиорелейная линия (радиосвязи);
РРТР	– радио- и радиотехническая разведка;
РСП	– разведывательно-сигнализационный прибор;
РФ	– Российская Федерация;
РЭА	– радиоэлектронная аппаратура;
РЭБ	– радиоэлектронная борьба;
РЭО	– радиоэлектронное оборудование;
РЭП	– радиоэлектронное подавление;
РЭР	– радиоэлектронная разведка;
РЭС	– радиоэлектронное средство;
СБА	– стратегическая бомбардировочная авиация;
СВ	– Сухопутные войска;
СВЧ	– сверхвысокая частота (диапазон радиосвязи);
СРНС	– спутниковая радионавигационная система;
ССС	– система спутниковой связи;
США	– Соединенные Штаты Америки;
ТВД	– театр военных действий;
ТРЛ	– тропосферная радиолиния (радиосвязи);
ТТХ	– тактико-технические характеристики;
УКВ	– ультракороткие волны (диапазон радиосвязи);
УФ	– ультрафиолетовый (диапазон электромагнитных волн);
ФАР	– фазированная антенная решетка;
ФКМ	– фазово-кодовая модуляция (сигнала);
ФМ	– фазовая модуляция (сигнала);
ЧМ	– частотная модуляция (сигнала);
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина;
ЭДС	– электродвижущая сила;
ЭМВ	– электромагнитная волна;
ЭМИ	– электромагнитное излучение;
ЭМО	– электромагнитное оружие;
ЭМП	– электромагнитное поле;
ЭПР	– эффективная площадь рассеивания.

## Введение

Борьба с системами управления противника за счет использования средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) является важным и исторически наиболее развитым направлением информационного противоборства.

Именно средства РЭБ традиционно использовались для решения тех задач, которые сейчас ставятся перед средствами информационного противоборства. Эволюция средств РЭБ и стремительное развитие информационных и телекоммуникационных технологий потребовали изменения роли радиоэлектронной борьбы, рассмотрения ее в качестве составной части информационного противоборства в технической сфере. Вместе с тем, это не привело к утрате радиоэлектронной борьбой своей актуальнейшей роли. Несмотря на широкое внедрение в системы военного управления телекоммуникационных и компьютерных систем, по-прежнему основой систем управления оружием являются средства радиолокации, а основой систем управления – средства связи. При этом средства РЭБ исторически ориентированы на нарушение функционирования именно этих средств. Опыт локальных конфликтов начала XXI века показал, что именно операции РЭБ являются основой дестабилизирующего воздействия на подсистемы связи систем военного управления противника. Системы РЭБ решают задачи подавления радиолокационных средств противовоздушной обороны (ПВО) и прикрытия боевых порядков авиации в первые часы войны. От эффективности операции РЭБ, проводимой накануне и в период первого удара, напрямую зависит эффективность подавления боевого потенциала противника, а также результативность применения высокоточного оружия (ВТО) и авиации.

В работе представлена терминология радиоэлектронной борьбы, принятая в Вооруженных силах (ВС) США, проведен анализ организационно-штатных структур подразделений, ведущих радиоэлектронную борьбу, а также соответствующих средств различных видов ВС США, ориентированных на борьбу как с системами управления оружием, так и с системами связи.

Автор выражает искреннюю признательность своему учителю – замечательному ученому, кандидату технических наук доценту Макаренко Сергею Ивановичу за помощь в подготовке материала и полезные советы, позволившие уточнить его предметную область. Общий методический подход к изложению материала, использованный в монографии [1], лег в основу настоящей работы.

Автор благодарит кандидата технических наук доцента Уткина Владимира Владимировича за кропотливый труд по поиску ошибок и неточностей при рецензировании работы.

# 1. РОЛЬ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ РЭБ

## 1.1. Основные термины, определения и классификация систем РЭБ, принятые в ВС США

Анализ оперативных учений, локальных войн и вооруженных конфликтов последних лет позволяет сделать вывод о том, что радиоэлектронная борьба (Electronic Warfare – радиоэлектронная война согласно американской терминологии) в ВС США прочно утвердилась как одно из важных средств информационного противоборства. Она стала неотъемлемой частью вооруженной борьбы и информационных операций [2].

Согласно положению наставления JP 3–13 РЭБ определяется как *"... любые действия войск (сил), включающие в себя использование электромагнитной энергии и средств направленной энергии для непосредственного воздействия на противника и используемые им излучения электромагнитного спектра частот"*. В этом же документе указывается, что РЭБ является одним из основных элементов информационных операций. Полевой устав FM 3–36 трактует термин РЭБ как *"... действия войск (сил) по использованию электромагнитной энергии и средств направленной энергии в целях осуществления управления (контроля) излучениями электромагнитного спектра частот (в том числе и использования самого спектра частот) или воздействия (атаки) на личный состав, радиоэлектронные системы и средства, объекты, вооружение и военную технику противника"* [3].

Опыт проведения учений и участия ВС США в вооруженных конфликтах показал, что даже подавляющее превосходство в области средств ВТО не гарантирует благоприятного исхода операции в том случае, если системы управления различного уровня оставались неподдавленными [2, 4].

Объектами первоочередного воздействия систем РЭБ в ходе операции являлись [2]:

- элементы систем управления войсками (силами) и оружием;
- средства разведки и системы хранения, обработки и распределения информации;
- радиоэлектронные средства (РЭС);
- информационные и автоматизированные системы, базы данных и сети ЭВМ;
- системы поддержки принятия решений для командного состава.

Аналитики Пентагона полагают, что основными причинами повышения роли радиоэлектронной борьбы в современных сетевых войнах являются [2, 4]:

– возрастание факторов своевременности и устойчивости управления войсками и оружием в ходе боевых действий;

– рост масштабов использования РЭС различных типов для передачи информации на значительные расстояния в целях оперативного, непрерывного и гибкого управления войсками и оружием;

– возможность практически мгновенно дезорганизовать средствами радиоэлектронного подавления (РЭП) процессы боевого управления противника и тем самым обеспечить коренное изменение соотношений сил в свою пользу;

– повышение маневренности ВС, увеличение масштаба глубины проведения операций, автоматизация всех процессов управления (войсками, боевой техникой и оружием);

– создание функциональных интегрированных систем управления, разведывательно-обеспечения, систем РЭБ и ВТО привело к количественному перераспределению в операции ударных и обеспечивающих сил. Так, по заключению экспертов, в операциях начала XXI века около 60 % войск, принимающих участие в боевых действиях, решают задачи обеспечения ударных сил (разведка, маскировка, управление и связь, автоматизация, наведение оружия и др.), что в еще большей степени повышает значение РЭБ в информационной и вооруженной борьбе;

– за вековой путь эволюционного развития РЭБ существенно изменились ее содержание, составные элементы, характер, используемые средства, объекты разведки, воздействия и защиты;

– повышение универсальности сил и средств РЭБ по отношению к средствам системы боевого управления противника. Они могут действовать на всю глубину театра войны в целом, позволяют осуществлять разведывательно-информационное обеспечение операции, использовать нелетальные и летальные (поражающие) средства, воздействовать в любое время суток на объекты, боевую технику и оружие, а также обеспечивать защиту своих сил и средств.

Средства РЭБ могут применяться скрытно и открыто, входят в состав различных многоцелевых функциональных и автоматизированных интегрированных систем многосферного базирования, боевого управления, связи, компьютерного обеспечения разведки, огневого поражения, борьбы с системами управления противника и защиты своих систем, использовать в своих интересах сети ЭВМ противоборствующей стороны и воздействовать на них [2].

Постоянное повышение требований к системам разведки и РЭБ, а также появление новых стратегических концепций сетецентрической войны стало основой революционного развития РЭБ в конце XX – начале XXI века. Это привело к изменению характера РЭБ, ее содержания, состава сил и средств, роли, места, цели и задач в операциях. Эти факторы предопределили создание новых средств РЭБ, в том числе для осуществления скрытного радиоэлектронного подавления, летального и нелетального оружия, средств подавления и поражения, действующих на новых физических принципах, а также информационно-технических воздействий, предназначенных для атаки на компьютерные сети противника [2, 5].

Развитие сил и средств РЭБ и преобразование их в одну из основных составляющих сил "борьбы с системами боевого управления" вызвало появление новых понятий в стратегии и терминологии информационной войны, таких как "война в сетях" или "сетевая война" (Net War), "кибервойна" (Cyber War), "ведение боевых действий и управление вооруженными силами в едином информационно-коммуникационном пространстве". Все эти термины предполагают организацию управления ВС в условиях ведения операций с использованием сил и средств борьбы с системами боевого управления для воздействия на многочисленные локальные, объединенные региональные и глобальные сети ЭВМ противника и защиты своих компьютерных сетей [2].

В настоящее время аналитиками Пентагона отмечается, что в современных условиях именно РЭБ является основой информационного противоборства [2].

Анализ эволюции и развития РЭБ в ВС США и объединенных вооруженных сил (ОВС) НАТО позволил выявить возникшие в последние годы различия между характером, содержанием мероприятий и ролью РЭБ, которые сводятся к следующему [4]:

– радиоэлектронная борьба в ВС США и в ОВС НАТО имеет различные объекты воздействия и защиты. Если мероприятия РЭБ в ВС ряда государств связаны только с воздействием на РЭС противника, то в ВС США, а в перспективе – и в ОВС НАТО они направлены как на воздействие, так и на защиту РЭС, а также распространяются на боевую технику, объекты ВС и системы оружия. В рамках проведения мероприятий РЭБ в ВС США уже сегодня кроме использования источников излучения электромагнитной энергии и противорадиолокационных ракет предусматривается задействование других видов летального и нелетального оружия, базирующегося на излучении направленной энергии. При этом в качестве основной цели радиоэлектронной атаки средств РЭБ в ВС США рассматривается система ПВО противника;

– в мероприятиях РЭБ в ВС США имеется такой самостоятельный элемент, как "радиоэлектронное обеспечение операции" (боевых действий), который отсутствует в подобных мероприятиях ВС ряда других государств НАТО;

– мероприятия РЭБ в ВС США и в ОВС НАТО являются основой противодействия системам боевого управления, то есть радиоэлектронная борьба стала наиболее важным составным элементом информационного противоборства. В других же странах это лишь один из элементов мероприятий оперативного обеспечения, проводимых при дезорганизации управления войсками противника в операции.

Как отмечается в программе создания сухопутных войск США нового типа, "радиоэлектронное поле боя" (Electromagnetic Field of Battle) претерпит значительные изменения с учетом

расширения спектра используемых рабочих радиочастот РЭС, который станет более насыщенным и менее доступным для противника. Возрастут возможности, и станут более гибкими силы и средства РЭБ. Последние будут способны функционировать во всех частотных диапазонах, причем планируется применять различные средства летального и нелетального воздействия не только на РЭС противника, но и на его боевую технику и системы вооружения [2].

Анализ эволюции характера, содержания и роли РЭБ в операциях конца XX – начала XXI в. дает возможность вскрыть и сформулировать основные тенденции развития РЭБ в ВС США и в ОВС НАТО до 2025 г., которые наметились в ходе интеграции сил и средств разведки, РЭБ и борьбы с системами боевого управления. К таким тенденциям развития следует отнести следующие [4].

- частичная утрата самостоятельной роли РЭБ, которая становится одним из основных элементов информационного противоборства, в основном для борьбы с системами боевого управления при проведении информационных операций;

- коренное поэтапное изменение характера, содержания и роли РЭБ в операции (бое). Так, на первом этапе она являлась одним из видов поддержки ударных сил в ходе боевых действий, на втором – составной частью ведения боевых действий каждого вида ВС со всеми специфическими особенностями. На третьем этапе РЭБ стала компонентом синергетической системы информационного противоборства – одной из составляющих военного потенциала;

- использование для ведения РЭБ новых видов направленной энергии, а также создание летального и нелетального оружия, действующего на новых физических принципах;

- переход от подавляющего воздействия и защиты РЭС к комплексному поражающему и подавляющему информационно-техническому воздействию и защите не только РЭС, но и боевой техники, объектов ВС, систем оружия, а также личного состава и органов государственного управления;

- смещение акцента противоборства в информационно-интеллектуальную область, сферу подготовки и принятия решений, планирования и руководства операцией (боем). Становление РЭБ в качестве основы информационного противоборства;

- обеспечение полной информатизации и автоматизации процесса радиоэлектронной борьбы.

В настоящее время в ВС США радиоэлектронная борьба рассматривается, с одной стороны, как составная часть вооруженного противоборства и военного потенциала, а с другой – как одна из форм вооруженной борьбы и новый, относительно самостоятельный и специфический вид боевых действий. Отличительной особенностью современных взглядов на ведение РЭБ является признание ее комплексности и тесной связи с другими видами боевой деятельности войск [4].

Мероприятия РЭБ составляют основу новой активно внедряемой в ВС США концепции "Борьбы с системами боевого управления" (ССССМ или С<sup>3</sup>СМ – Command, Control and Communication Countermeasures). Суть концепции состоит в том, чтобы *"...путем интегрированного проведения специальных операций по военной дезинформации, радиоэлектронного подавления, физического уничтожения, базирующегося на основе детальных разведанных, лишить противника информации и способности управлять поверенными ему силами, а также защитить свои системы боевого управления от аналогичных действий с его стороны"* [2].

Целями РЭБ в операциях нового типа наряду с дезорганизацией систем боевого управления противника станут лишение его возможности использовать информацию о своих войсках и действиях противостоящей стороны, обеспечение упреждения противника в принятии оперативных (боевых) решений и повышение эффективности ведения боевых действий ВС США, снижение людских и материальных потерь и успешное завершение операции в кратчайшие сроки. В ходе проведения информационных операций силы РЭБ будут применяться в сочетании с силами информационных операций других видов ВС [4].

Практическая реализация упомянутой концепции "радиоэлектронного поля боя" в информационной операции с участием сил и средств РЭБ предполагает последовательное выполнение четырех основных задач [2]:

- анализ системы боевого управления противостоящей группировки;
- выбор наиболее важных объектов и целей;
- распределение имеющегося ресурса средств по выбранным целям;
- непосредственное воздействие на выбранные цели.

Инструментом для проведения положений новой концепции в практику войск военное руководство США считает крупные многоуровневые иерархические структурно-упорядоченные системы РЭБ, тесно интегрируемые с другими боевыми и обеспечивающими системами войск [2].

Основными принципами ведения РЭБ в информационных операциях, по взглядам руководства США, являются [2]:

- жесткое согласование мероприятий РЭБ с общим планом информационной операции по месту, времени и задачам;
- массированное комплексное применение сил и средств РЭБ по всем радиоканалам между подавляемыми объектами;
- внезапность применения сил и средств РЭБ, нестандартная тактика их использования.

Способами воздействия на объекты подавляемой системы боевого управления противника являются массированное воздействие средствами поражения, захват командных пунктов и узлов связи, введение противника в заблуждение через его же средства разведки, РЭП, организация утечки ложной информации [2].

В информационных операциях воздействие на противника осуществляется силами и средствами борьбы с системами государственного и военного управления, в состав которых входят силы и средства РЭБ [2].

В интересах достижения решающего военно-технического превосходства средств РЭБ в США проводятся следующие мероприятия [2]:

- создание качественно новых средств "силового" радиоэлектронного подавления, предназначенных для кратковременного и необратимого вывода из строя информационных систем и РЭС противника;
- заблаговременная разработка аппаратуры, ориентированной на противодействие перспективным РЭС и системам противника и превосходящей их по временным и энергетическим параметрам работы;
- разработка средств РЭБ с высокой степенью адаптации, способных автоматически в реальном масштабе времени оценивать радиоэлектронную обстановку и осуществлять выбор оптимального воздействия на РЭС помехами;
- совершенствование технических характеристик средств радио- и радиотехнической разведки (РРТР) в направлении повышения чувствительности приемников, увеличения пропускной способности и быстродействия аппаратуры, а также точности определения частоты подавляемой РЭС;
- совершенствование технических характеристик средств РЭП.

Доктринальными документами ВС США определены следующие основные задачи РЭБ в информационной операции [2]:

- дезорганизация системы управления противника, лишение его возможности использовать информацию о своих войсках и действиях противника;
- разрушение, искажение или создание в неадекватной реальной обстановке информации, провоцирующей противника на неверные действия;
- повышение эффективности ведения боевых действий ВС США и их союзников;
- снижение людских и материальных потерь и завершение информационной операции в кратчайшие сроки.

В перечне задач выделяется воздействие не только на РЭС, но и на боевую технику, системы оружия и личный состав органов управления и обслуживания противника [2].

**Радиоэлектронная борьба** в ВС США подразделяется на следующие мероприятия (рис. 1.1) [1, 2, 4, 6, 7, 8]:

- радиоэлектронная атака (ЕА – Electronic Attack);

- радиоэлектронная защита (EP – Electronic Protect);
- радиоэлектронное обеспечение (EWS – Electronic Warfare Support).

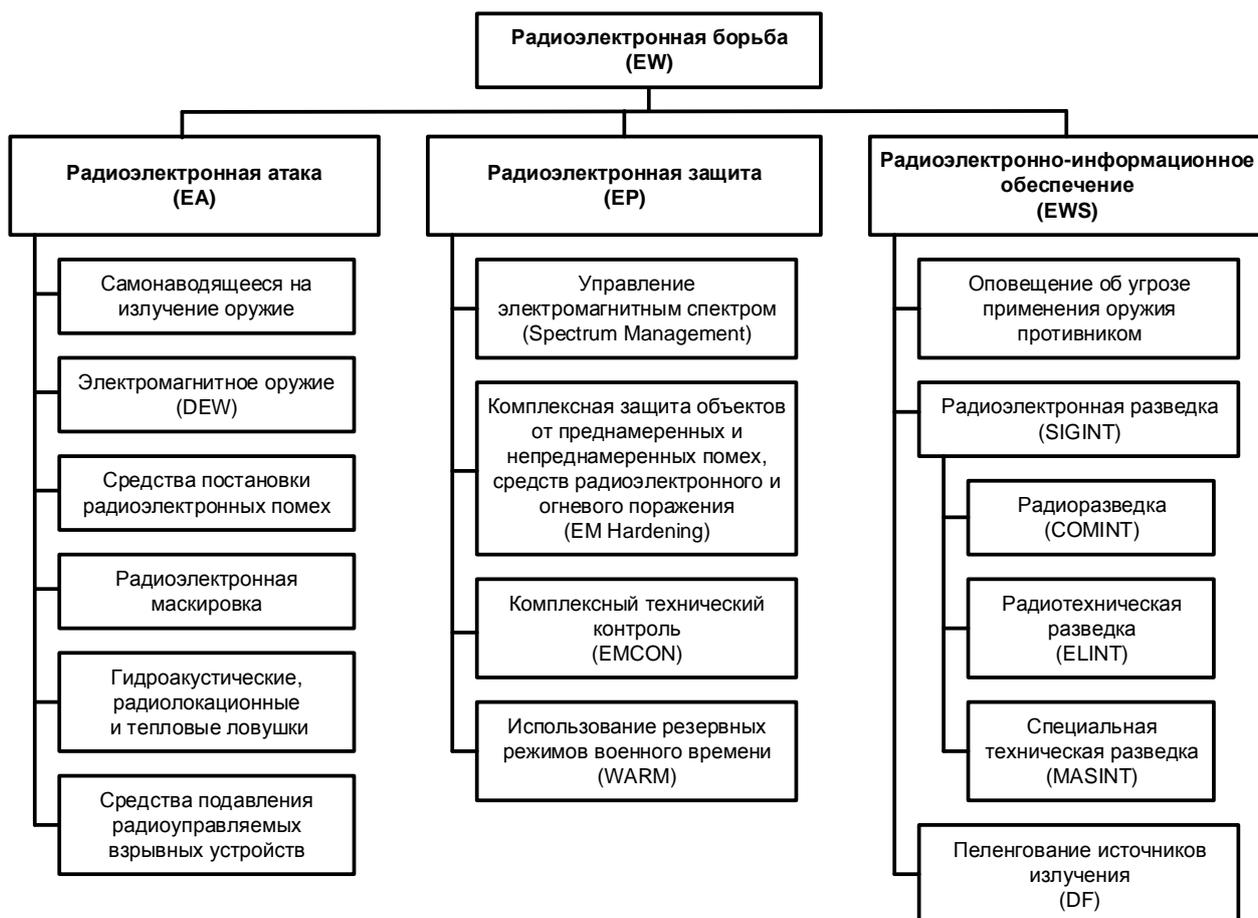


Рис. 1.1. Классификация РЭБ в ВС США

**Радиоэлектронная атака** – действия наступательного характера, предусматривающие использование электромагнитной и других видов направленной энергии и (или) самонаводящегося на электромагнитное излучение оружия для целенаправленного воздействия на системы управления, личный состав, объекты и боевую технику с целью дезорганизовать, нейтрализовать или снизить возможности противника по эффективному использованию им радиоэлектронных систем в различных звеньях управления ВС [2, 8].

Радиоэлектронная атака проводится с использованием [2]:

- средств РЭП и радиоэлектронной дезинформации;
- огневых средств, самонаводящихся на излучение различных радиоэлектронных устройств (например, излучение РЭС, систем пуска автомобилей, бронетранспортеров, танков, электропривода орудий и др.);
- управления режимами излучения электромагнитной и направленной энергии;
- управления ложной работой РЭС, имитацией их работы и обеспечения демонстративных действий;
- управляемого оружия с радио- и радиолокационными, инфракрасными, лазерными, гидроакустическими и другими головками самонаведения (ГСН);
- инфразвукового, радиочастотного, лазерного, пучкового и других типов оружия направленной энергии.

Для воздействия на информационные ресурсы противника в мероприятиях РЭБ в ВС США помимо использования источников излучения электромагнитной энергии и иных средств предусматривается применение ложных целей, летального и нелетального оружия,

базирующегося на излучении других видов направленной энергии, в том числе действующих на новых физических принципах (инфразвуковое, лазерное, пучковое и др.) [2].

К объектам (целям) радиоэлектронных атак командование ВС США относит [9]:

- личный состав, боевую технику и системы оружия, а также различную радиоэлектронную аппаратуру;
- пункты управления, узлы связи и радиотехнического обеспечения;
- системы и средства боевого управления, связи, разведки, радиолокации, радионавигации.

Согласно наставлениям и уставам ВС США выбор конкретных способов и средств радиоэлектронной атаки, также как и электронной защиты, а также обеспечения ведения электронной войны, зависит от задач проводимой операции, возможностей противника и, собственно, имеющихся на вооружении или уже задействованных в операции соответствующих сил и средств. Кроме того, учитываются видовая принадлежность этих сил и средств, платформы размещения, тактико-технические характеристики и т. п. [9].

Разновидностями форм проведения радиоэлектронной атаки, по взглядам военных аналитиков США, являются [2]:

- радиоэлектронный удар;
- поражающий радиоэлектронный удар;
- радиоэлектронно-огневой удар;
- радиоэлектронная блокада;
- удар средствами нелетального и летального оружия.

Таким образом, мероприятия радиоэлектронной атаки в зависимости от применяемых средств подразделяются [2]:

- на непоражающие;
- поражающие.

К непоражающим (нелетальным) средствам воздействия относятся [2]:

- средства радиоэлектронных помех;
- средства радиоэлектронной дезинформации.

Поражающими средствами воздействия являются [2]:

- средства излучения направленной энергии;
- ВТО и боеприпасы с элементами радиоэлектронного самонаведения.

При этом средства излучения направленной энергии на больших площадях могут действовать как средства помех, не оказывая поражающего воздействия.

Задачами непоражающих средств при проведении радиоэлектронной атаки являются [2, 4]:

- срыв, подавление или вывод из строя радиоэлектронных и оптико-электронных систем, а также средств разведки, наблюдения, наведения, связи, навигации, управления войсками и оружием;
- изменение режима излучения РЭС;
- имитация и ложная работа РЭС, объектов и оружия своих войск и войск противника;
- имитация демонстративных действий войск;
- дезорганизация систем связи и управления противника;
- введение противника в заблуждение относительно намерений своих войск;
- воздействие на личный состав противника, обслуживающий РЭС, системы разведки, наблюдения, средства связи, навигации и управления войсками и оружием, а также участвующий в анализе добытой разведкой информации, подготовке и принятии решений, планировании операции или боя.

Задачами поражающих средств при радиоэлектронной атаке могут быть следующие [2, 4]:

- наведение на цель средств ВТО и оружия направленной энергии;
- уничтожение, разрушение и вывод из строя средств разведки, навигации и наблюдения;
- уничтожение, разрушение и вывод из строя средств, узлов, центров и органов связи, управления войсками и оружием противника, а также его объектов, боевой техники и систем оружия;

– поражение и вывод из строя личного состава противника, участвующего в подготовке, принятии оперативных (боевых) решений и планировании операции (боя).

Опыт локальных войн показал, что применение средств РЭБ ведется одновременно с применением средств ВТО и оказывается для противника кратковременным и неожиданным. В связи с этим было бы логично выделить отдельную форму радиоэлектронной атаки – "радиоэлектронный удар" [2].

При этом в зависимости от состава привлекаемых сил и средств, "радиоэлектронные удары" могут быть [2]:

- одиночными;
- массированными.

С учетом пространственного размаха "радиоэлектронные удары" могут быть [2]:

- сосредоточенными;
- рассредоточенными.

Комбинированное применение средств РЭП и огневого воздействия в целях нарушения функционирования РЭС противника можно определить как "радиоэлектронно-огневой удар". В подобных ударах огневые средства поражения могут использовать как обычные боеприпасы, так и боеприпасы с радиолокационными ГСН. Учитывая широкомасштабные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области создания военной робототехники, его разновидностью может быть "роботизированный радиоэлектронно-огневой удар". Ответные радиоэлектронные и радиоэлектронно-огневые удары, возможно, приведут к новому виду формы боя – "радиоэлектронно-огневому бою" [2].

**Радиоэлектронная защита** включает в себя разносторонние пассивные и активные мероприятия и специальные средства, обеспечивающие защиту от любого воздействия противника и его средств РЭБ своих группировок войск, личного состава, боевой техники, систем оружия, объектов и отдельных радиоэлектронных средств. Кроме того, этот вид защиты предусматривает необходимые мероприятия и способы противодействия техническим средствам разведки противника, контроль за излучением своих РЭС, обеспечение управления их режимами и электромагнитной совместимости [4].

Радиоэлектронная защита согласно положениям наставления Комитета начальников штабов (КНШ) JP 3–13 и полевого устава FM 3–36 предусматривает [3]:

– управление задействованием электромагнитным спектром частот, обеспечивающее свободное использование в нем своих РЭС, в том числе и перепрограммирование сил, средств, задач и способов РЭБ;

– усиление защитных свойств объектов (целей), в частности создание специальных схем, экранов, укрытий, технических средств защиты (в первую очередь речь идет о физических и технических средствах защиты от воздействия электромагнитных излучений РЭС своих войск или войск противника);

– контроль за любыми излучениями электромагнитного спектра частот.

Управление задействованием электромагнитным спектром частот предполагает планирование, координацию, распределение и руководство совместным использованием электромагнитного спектра частот объединенными силами ВС США при решении всех боевых (оперативных), инженерных, тыловых и административных задач [3].

К обеспечению управления задействованием электромагнитного спектра частот относится также и обеспечение электромагнитной совместимости РЭС – способности систем, вооружения и военной техники, аппаратуры, которые используют излучения электромагнитного спектра частот, работать в реальных условиях эксплуатации и предполагаемой оперативной обстановке с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных помех или от предпринимаемых противником ответных действий, то есть способность одновременной работы РЭС и осуществления обмена информацией без взаимного недопустимого влияния [3].

Одним из важных мероприятий по управлению задействованием электромагнитного спектра частот является перепрограммирование сил, средств, задач и способов РЭБ, которое включает в себя заранее спланированные изменения в порядке применения сил и средств РЭБ, а также способов и тактики обнаружения и подавления цели, в ответ на действия противника и с целью обоснованного и эффективного изменения сил, средств и задач РЭБ, тактики действий или радиоэлектронной обстановки. Эти изменения могут быть результатом преднамеренных действий, в части касающейся своих ВС, ВС противника или третьей стороны, либо могут быть вызваны возникновением взаимных радиоэлектронных помех или другого непреднамеренного воздействия и изменений обстановки [3].

Важным элементом радиоэлектронной защиты является контроль излучений, который заключается в избирательном и контролируемом использовании электромагнитной, акустической и других видов энергии с целью оптимизации боевых возможностей управления, связи, разведки и действий сил информационных операций, снижения эффективности разведки противника, устранения взаимных радиоэлектронных помех, обеспечения электромагнитной совместимости РЭС, успешной реализации планов военной дезинформации и психологических операций.

Средства и методы радиоэлектронной защиты можно условно разделить на три типа [4]:

- непосредственной защиты РЭС;
- обеспечения электромагнитной совместимости РЭС на пунктах управления и в боевых порядках войск;
- радиоэлектронной защиты при проведении информационных операций.

Задачами средств и методов непосредственной защиты РЭС в операции могут быть [4]:

- защита РЭС своих войск от преднамеренных радиоэлектронных и оптико-электронных помех противника;
- защита РЭС своих войск от случайных атмосферных, промышленных помех, непреднамеренных помех от РЭС гражданских ведомств и союзных войск;
- защита РЭС, боевой техники, систем оружия и личного состава своих войск от радиоэлектронной дезинформации противника;
- защита боевой техники, объектов, пунктов управления (ПУ), РЭС, систем оружия, боеприпасов от самонаводящегося на радиоэлектронные излучения оружия противника;
- защита объектов, ПУ, РЭС и войск от летальных и нелетальных средств излучения направленной энергии.

Средства и методы обеспечения электромагнитной совместимости РЭС на ПУ и в боевых порядках войск призваны обеспечить защиту РЭС своих войск от взаимных помех при подготовке и в ходе операции частей и подразделений ВС США и союзных войск, в том числе от помех средств радиоэлектронных атак, используемых для подавления РЭС противника.

Задачами средств обеспечения электромагнитной совместимости РЭС на пунктах управления и в боевых порядках войск являются [4]:

- отслеживание и выдача рекомендаций на использование радиочастот и режимов работы различных РЭС в интересах исключения их взаимных помех;
- оценка нанесенного ущерба используемому спектру радиочастот и текущей радиоэлектронной обстановки;
- ведение радиоэлектронной разведки (РЭР).

К задачам сил и средств радиоэлектронной защиты при проведении информационных операций следует отнести [4]:

- информационную и радиоэлектронную защиту средств разведки, средств РЭП;
- радиоэлектронную защиту подразделений и средств РЭБ;
- информационную защиту сил и средств психологических операций;
- информационную защиту сил и средств, ведущих сбор, передачу и обработку собственной информации.

**Радиоэлектронное обеспечение** информационной операции включает в себя мероприятия и средства, своевременно обеспечивающие разведывательные потребности штабов войск по выявлению и оповещению об угрозах, их немедленному распознаванию, оценке

оперативной и радиоэлектронной обстановки, своевременному принятию оперативных решений, планированию операций, а также выработку данных, необходимых для целеуказания средствам поражения и воздействия в интересах радиоэлектронной атаки и защиты [2].

Фактически радиоэлектронное обеспечение представляет собой действия, направленные на обнаружение, идентификацию и определение местоположения РЭС противника, которые могут являться как источниками получения разведанных, так и источниками информационных угроз [8, 10].

Контроль радиоизлучений, радиоэлектронная маскировка и программирование средств РЭБ, хотя формально и не являются составными элементами радиоэлектронной борьбы, однако обеспечивают эффективность ее ведения.

Контроль за излучениями различных видов электромагнитной энергии предполагает круглосуточное обеспечение строгого выполнения установленных нормативов электромагнитного излучения войсками и техническими средствами в местах их постоянной дислокации, на учениях, а также при подготовке и в ходе проведения операций. При этом обычно контролируются мощность, характер, направленность и виды излучений, а также соблюдение установленных правил радиообмена и скрытного управления войсками (силами) [4].

Целями радиоэлектронной маскировки являются [4]:

- маскировка излучений объектов, боевой техники и РЭС в местах их постоянной дислокации, на учениях, при подготовке операций;
- введение противника в заблуждение относительно истинных режимов излучений электромагнитной энергии;
- выявление демаскирующих радиоэлектронных признаков объектов, боевой техники и войск в местах их постоянной дислокации, на учениях, при подготовке и в ходе проведения операций;
- принятие мер по минимизации и (или) исключению нарушений радиоэлектронной маскировки;
- обучение личного состава ВС методам радиоэлектронной маскировки в местах постоянной дислокации, на учениях, при подготовке и в ходе ведения боевых действий ВС и их союзников.

Задачами перепрограммирования средств РЭБ являются [4]:

- обеспечение своевременной нацеленности средств РЭБ, организации способов радиоэлектронных атак и защиты согласно установленной командованием приоритетности целей и объектов;
- реализация своевременной перестройки указанных средств в соответствии с изменением оперативной (боевой, радиоэлектронной) обстановки;
- достижение максимальной эффективности (по мощности, направлению, виду, типу радиоэлектронного обеспечения) радиоэлектронных атак и радиоэлектронной защиты при изменении формы, вида и характера электромагнитного излучения цели (объекта) и совершении целью (объектом) маневра;
- своевременное резервирование, замена излучающих средств и дублирование их при выходе из строя или уменьшении эффективности средств РЭБ, радиоэлектронных атак и защиты.

Планирование РЭБ, которое подразделяется на долгосрочное и краткосрочное, носит централизованный характер, а ее ведение – децентрализованный [2].

В ходе планирования радиоэлектронных атак, радиоэлектронной защиты и радиоэлектронного обеспечения определяются [2]:

- порядок обеспечения электромагнитной совместимости РЭС и защиты от радиоэлектронных излучений личного состава, объектов и боевой техники;
- способы разрешения конфликтных ситуаций по: устранению случайных и преднамеренных помех, маскировки и РЭР, радиоэлектронной безопасности, РЭП и перепрограммирования средств РЭБ в ходе операции;

– способы контроля излучения РЭС, применения летального и нелетального оружия, разведывательного обеспечения сил и средств РЭБ и их сопряжения со средствами разведки.

В решении на применение сил и средств РЭБ учитываются вопросы, связанные с возможностью использования группировками войск (многонациональными силами) гражданских средств связи, навигации и опознавания.

Составными элементами сил радиоэлектронного обеспечения ведения РЭБ ВС США являются средства [3]:

- радиоразведки (сбора, обработки, анализа и оценки разведывательных данных);
- РТР, то есть разведки электромагнитных излучений, не относящихся к средствам связи (сбора, обработки, анализа и оценки);
- обеспечения радиоэлектронной безопасности и скрытности использования радиоэлектронных систем, средств и информации.

Средства РРТР, обеспечивающие ведение РЭБ, могут быть использованы и для сбора данных, необходимых для дополнения добытых РЭР национального уровня информации.

В ВС США их силами решается более широкий спектр задач, в том числе [3]:

- распознавание угрозы и оповещение войск и штабов о применении сил и средств РЭБ противника;
- пеленгование целей и объектов РЭБ;
- сбор, обработка, анализ, подготовка и распределение разведанных, необходимых для немедленного принятия определенного (боевого) решения, в том числе уклонение от угрозы, выдача целеуказаний и целенавешивание.

Вместе с тем органы ведения РЭБ и разведывательные органы применяют одни и те же средства РРТР. Различие в их использовании заключается в первоочередности применения добытой информации, степени ее анализа и детализации, а также в продолжительности времени ее проведения. Их сходство (подобие) – в добывании данных, необходимых командиру для определения первоочередных потребностей и принятия решения [3].

## **1.2. Совершенствование структуры подразделений сил РЭБ ВС США в условиях перехода к концепции сетецентрических войн**

Постоянное повышение требований к системам разведки и РЭБ, а также появление новой концепции сетецентрической войны стало основой революционного развития РЭБ в конце XX – начале XXI века. Это привело к изменению характера радиоэлектронной борьбы, ее содержания, состава сил и средств, роли, места, цели и задач в операциях. Эти факторы предопределили создание новых средств РЭБ, в том числе скрытного радиоэлектронного подавления, летального и нелетального оружия и средств борьбы с другими видами излучения направленной энергии, средств подавления и поражения, действующих на новых физических принципах, а также информационно-технических воздействий, предназначенных для атаки на компьютерные сети [2].

К настоящему времени аналитиками Пентагона отмечается, что в современных условиях именно радиоэлектронная борьба является основой информационной войны на военном уровне, а развитие теории "информационных операций" является базой для ведения такой войны [2].

Ключевые концепции строительства сухопутных войск (СВ) США XXI века нового типа и задачи РЭБ по подавлению систем боевого управления противника определены рядом документов КНШ и командования армией США [2]:

- меморандум Joint Vision 2020 (2000);
- стратегия – The Army Transformation Strategy (2001);
- уставы КНШ: JP 3–13.1, JP 3–51;
- уставы сухопутных войск: FM 2–0, FM 3–0, FM 2–19.301/ST, FM 2–19.401/ST, FM 2–40.1/8T и др.

В настоящее время одним из основных руководящих документов в области РЭБ является наставление КНШ JP 3–13.1 Electronic Warfare ("Радиоэлектронная война") 2007 года. Кроме то-

го, ключевые вопросы в области конфликтного взаимодействия РЭС в информационном пространстве рассматриваются в наставлении JP 3–13 Information Operations ("Информационные операции") 2006 года. Выход этих документов послужил импульсом для командования СВ США к переработке своей научно-теоретической базы подготовки и ведения РЭБ в операциях XXI века. В частности, претерпели изменения (обновлены) положения, касающиеся [3]:

- сущности и содержания РЭБ, ее значения и роли в операциях СВ и объединенных сил США;
- задач РЭБ и боевого потенциала ее сил;
- ключевых функций и вопросов информационного обеспечения войск;
- структуры организации сил РЭБ и управления ими в операциях СВ;
- интеграции и синхронизации применения этих сил в процессе подготовки и ведения операций сухопутными войсками.

В результате 25 февраля 2009 года был издан новый полевой устав – FM 3–36 Electronic Warfare in Operations ("Радиоэлектронная война в операциях (боевых действиях)", в котором с учетом вышеперечисленных факторов подробно раскрываются: особенности использования электромагнитного спектра частот при применении различных образцов вооружения и военной техники (ВВТ), в том числе и вошедших в состав сил и средств радиоэлектронной борьбы оружия направленной энергии; влияние, оказываемое силами и средствами РЭБ на успех операций; основные принципы ведения РЭБ, обеспечивающие завоевание и удержание информационного превосходства над противником. Кроме того, что очень важно, в уставе был определен состав сил и средств, непосредственно связанных с ведением РЭБ (органы управления, разведки, тылового и технического обеспечения, а также оперативной и боевой подготовки) [3].

Способы, методы и приемы ведения РЭБ, предусмотренные новыми концепциями, проверяются в ходе крупных учений и локальных конфликтов и в последующем находят свое отражение в руководящих документах [2].

Для реализации положений выдвинутых концепций проводятся организационные и технические мероприятия [2]:

- создаются новые организационные структуры в ВС и органах их управления;
- создаются единые структурно-упорядоченные системы РЭБ соединений и объединений во всех видах ВС, а в перспективе – в масштабе видов;
- развернут обширный круг научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых средств РЭБ, а также по совершенствованию существующих.

Подразделения и части разведки и РЭБ нового типа, действуя в информационных операциях в составе сил борьбы с системами боевого управления, будут способны добывать, быстро обрабатывать, хранить и распределять информацию, а также в масштабе времени, близком к реальному, воздействовать на противника, привлекая для этого штатные силы разведки и РЭБ наземного и воздушного базирования, а также средства разведки и РЭБ, забрасываемые на его территорию, в первую очередь роботизированные [2].

Целями РЭБ в операциях нового типа наряду с дезорганизацией систем боевого управления противника станет лишение его возможности использовать информацию о своих войсках [2].

Содержание РЭБ в ВС США расширено за счет включения в него мероприятий по оперативной маскировке, в том числе по комплексному противодействию техническим средствам разведки противника, огневому и ядерному поражению его РЭС и их захвату диверсионными силами [2].

Радиоэлектронная борьба в информационных операциях планируется в комплексе с другими элементами оперативного планирования, а ведущими исполнителями в этой области являются офицеры РЭБ оперативного штаба [2].

Долгосрочное планирование возлагается на управление планирования объединенного штаба, под руководством которого готовится операция [2].

Краткосрочное планирование РЭБ, как и оперативное руководство ее ведением, осуществляется оперативными отделами (отделениями) в штабах объединений (соединений).

Координация задач радиоэлектронных атак и радиоэлектронной защиты, согласование действий со штабами формирований других видов ВС, разрешение конфликтных ситуаций при использовании радиоэлектронных систем и средств возлагаются на управление (отдел боевого управления, связи и автоматизации) [2].

Все мероприятия РЭБ в информационной операции объединяются единым планом. При этом устанавливается общий порядок обмена информацией об объектах воздействия и применяемых силах и средствах РЭБ, сопряжения систем связи и боевого управления, указываются общие для всех правила кодирования и засекречивания информации [2].

В СВ США ряд мероприятий по организации и ведению РЭБ в интересах информационных операций выполняет командование разведки и безопасности INSCOM (Intelligence and Security Command), оперативно подчиненное заместителю начальника штаба армии по разведке [2].

Командование INSCOM является основным органом оперативно-стратегического звена управления сухопутных войск США, отвечающим за ведение разведки и радиоэлектронной борьбы, обеспечение безопасности и проведение информационных операций. Его штаб размещен в Форт-Бельвуар, шт. Виргиния. Общая численность командования к началу 2011 г. составляла приблизительно 12 500 человек личного состава, из них около 3 000 – гражданские специалисты [2].

На командование INSCOM возлагаются следующие задачи [2]:

- организация разведки, контрразведки и РЭБ;
- ведение стратегической РРТР;
- руководство подразделениями криптологической службы;
- осуществление агентурной разведки и контрразведки;
- проведение мероприятий по обеспечению безопасности в масштабе сухопутных войск.

Кроме того, командование разведки и безопасности занимается разработкой обобщенной разведывательной оценки состояния ВС вероятных противников для руководства СВ, оказанием технического содействия и оперативной помощи командованиям сухопутных войск в организации и ведении разведки и РЭБ фоторазведкой в интересах сухопутных войск, а также обеспечением решения задач, поставленных перед "разведывательным сообществом".

На основе опыта войн и вооруженных конфликтов, в которых участвовали части и подразделения разведки и РЭБ, была разработана новая доктринальная концепция разведывательного обеспечения операций для ВС США XXI века – Intelligence XXI Concept.

В ней определены основные принципы ведения разведки и РЭБ в операциях сухопутных войск [2]:

- непрерывное руководство организацией и ведением разведки и РЭБ соответствующими органами управления сухопутных войск;
- согласование по цели, месту и времени задач частей и подразделений военной разведки в соответствии с замыслом операции и решениями соответствующих командующих компонентами сухопутных войск объединенных сил США;
- охват всего спектра задач военной разведки и РЭБ путем своевременного распределения сил и средств и осуществление контроля за эффективностью ведения разведки и радиоэлектронной войны в операции;
- разведывательное обеспечение действий войск на протяжении всех этапов операции, начиная с подготовки к проведению и после ее завершения;
- обеспечение своевременной обработки, анализа, уточнения и распределения разведывательной информации;
- доведение разведывательной информации до штабов войск, средств поражения и сил РЭБ;
- обеспечение подготовки и проведения информационных операций сухопутных войск и объединенных сил США.

Как показано в работах [11–13], основным воинским формированием, которое решает задачи радиоразведки и РЭБ в США являются приданные батальоны разведки и РЭБ, которые предназначены для выявления и радиоэлектронного подавления систем и средств КВ- и УКВ-

радиосвязи и радиолокационных станций (РЛС) в тактическом звене, прежде всего систем разведки и управления огнем наземной артиллерии, войсковой ПВО, дивизий первого эшелона взаимодействия частей СВ с армейской и фронтовой авиацией на дальности до 100 км. Кроме того, средства разведки батальона могут определять координаты РЛС наземной артиллерии войсковой ПВО и военно-воздушных сил (ВВС) для целеуказания средствам поражения.

### 1.3. Типовой сценарий использования сил и средств РЭБ

На примере операций многонациональных сил в зоне Персидского залива в 1991 и в 2003 гг. рассмотрим, насколько была важна РЭБ в качестве одной из основных составляющих современной военной кампании, основанной на сетечестрических принципах управления. Информация о сценарии применения сил и средств РЭБ в конфликте приводится по материалам работы [1, 7].

На рис. 1.2 и 1.3 представлены схемы постановки помех с началом воздушной и воздушно-наземной операций многонациональных сил.

На схеме показано, что заблаговременная постановка помех была начата за 4–6 ч до начала активных военных действий. В операции были задействованы средства РЭБ индивидуально-взаимной защиты самолетов ударной авиации, самолеты и вертолеты РЭБ в зонах базирования, забрасываемые передатчики помех полевой артиллерии и авиации, средства РЭБ бригад, батальонов, а также рот разведки и РЭБ СВ США [1, 7].

Специализированные самолеты РЭБ (такие как ЕС–130Н), способны за один вылет произвести разведку и подавить до 150–200 РЛС и до 15–18 радиосетей УКВ в системах управления ПВО. При этом практически все самолеты ударных групп тактической авиации ВВС оснащены аппаратурой РЭБ (аппаратурой РРТР, станциями активных помех коллективной защиты, станциями активных помех индивидуальной защиты, станциями пассивных помех, ИК-аппаратурой разведки и оповещения, станциями оптико-электронного подавления, противорадиолокационными ракетами). Противорадиолокационные ракеты оснащены головками самонаведения, которые могут работать в узкой полосе частотного диапазона 0,39–20 ГГц на нескольких частотах. Число этих частот – 10–20 и более [1, 7].

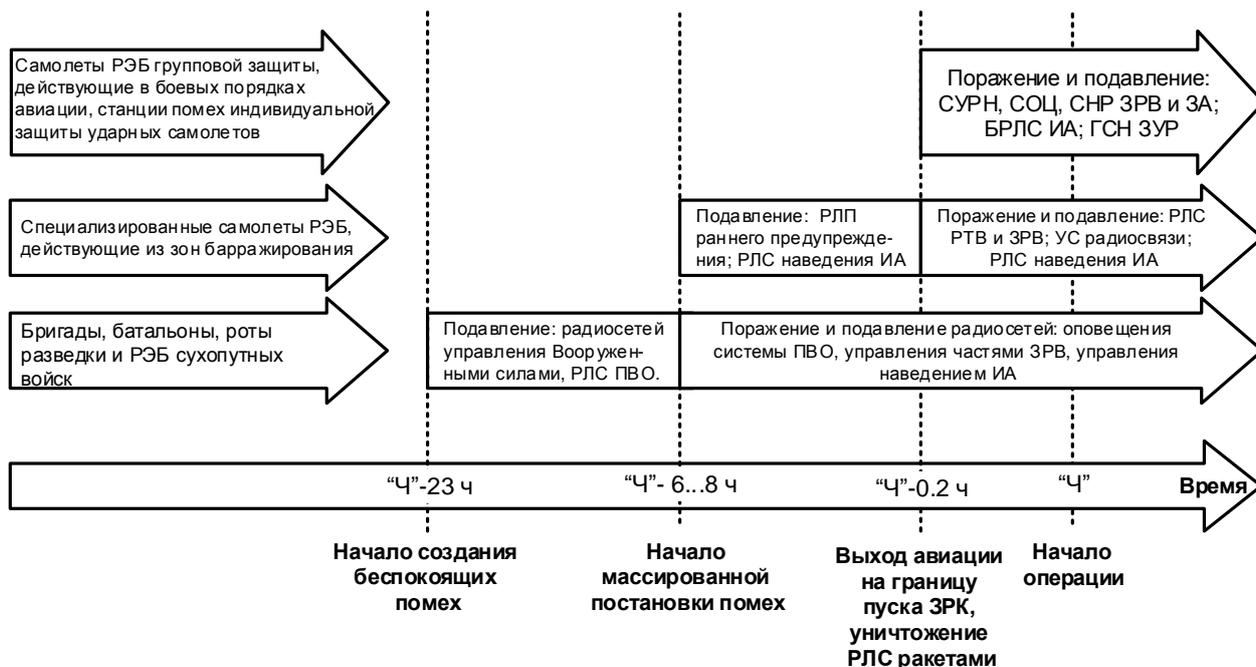


Рис. 1.2. Сценарий применения РЭБ с началом воздушной операции многонациональных сил

Кроме того, в военных операциях широко применялись беспилотные летательные аппараты (БПЛА) РЭБ для постановки помех системам ПВО и средствам связи системы управления ВС. Запуск большинства из них производился с самолетов и кораблей [1, 7].

Широко применялись забрасываемые передатчики помех (ЗПП), которые работали в частотном диапазоне 30–11 000 МГц. Основной целью поражения в начале воздушной операции являлись РЛС систем ПВО, а также каналы управления оружием. Основной целью в воздушно-наземной операции, помимо вышеуказанных, являлись УКВ- и КВ-каналы радиосвязи системы управления ВС.

Следует отметить, что в большинстве современных войн силы и средства РЭБ до начала первого массированного удара ВТО создавали сильные помехи для РЭС противника, и прежде всего для РЭС системы ПВО. Под прикрытием радиопомех, предваряя удары самолетов из эшелона прорыва ПВО, в несколько этапов наносились удары крылатыми ракетами морского и авиационного базирования по объектам критической инфраструктуры. Прорыв системы ПВО противника, как правило, обеспечивался за счет широкого применения ВТО – крылатых ракет, а также большого числа управляемых ракет "воздух – РЛС" в сочетании с эффективными радиопомехами для РЭС противника [14].

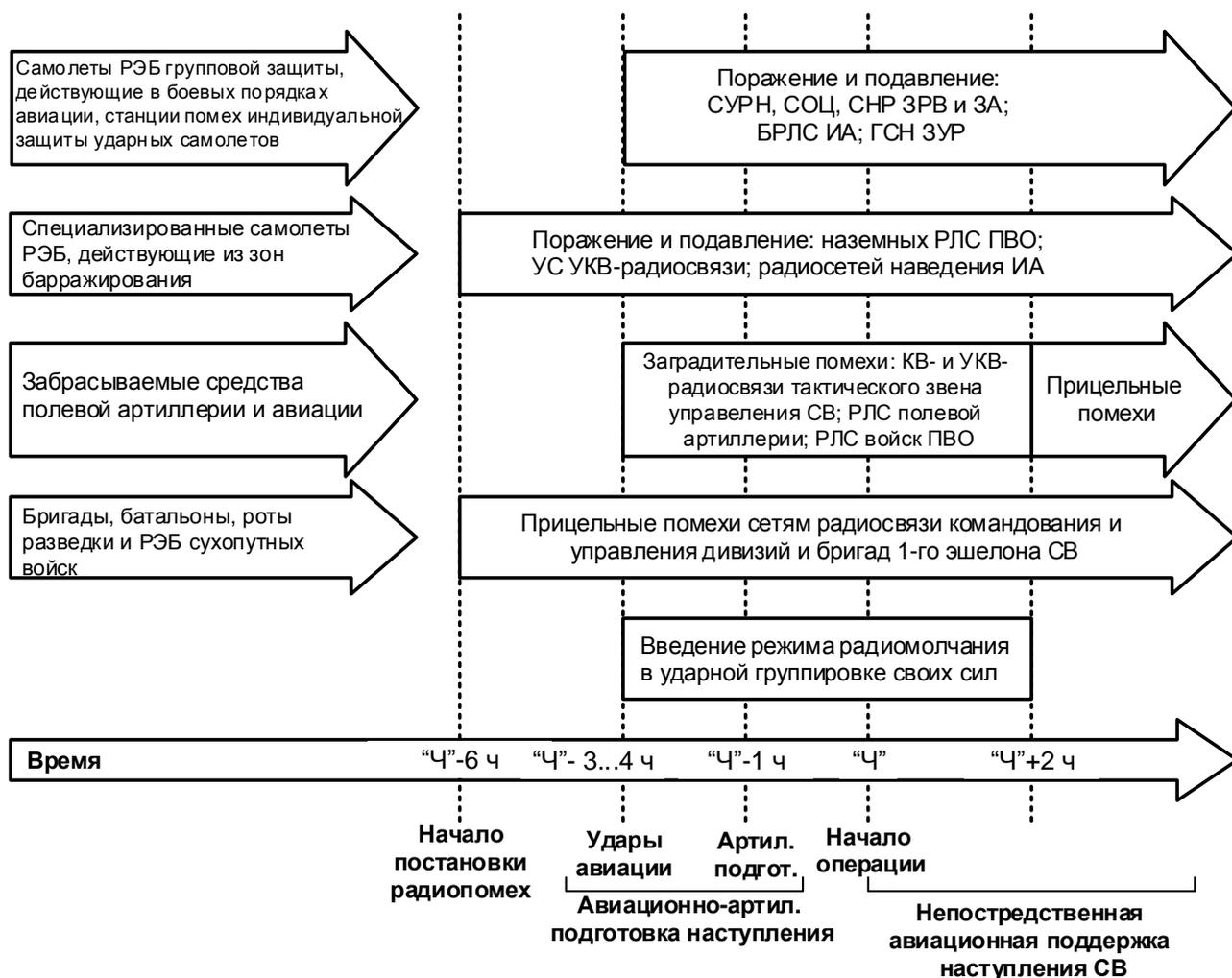


Рис. 1.3. Сценарий применения РЭБ с началом воздушно-наземной операции многонациональных сил

На рис. 1.4 показано распределение по рабочим частотам средств связи, навигации и некоторых других систем. Из номограммы видно, что наибольшее количество средств связи и навигации сосредоточено в диапазоне частот от 2 до 1215 МГц [1, 7].

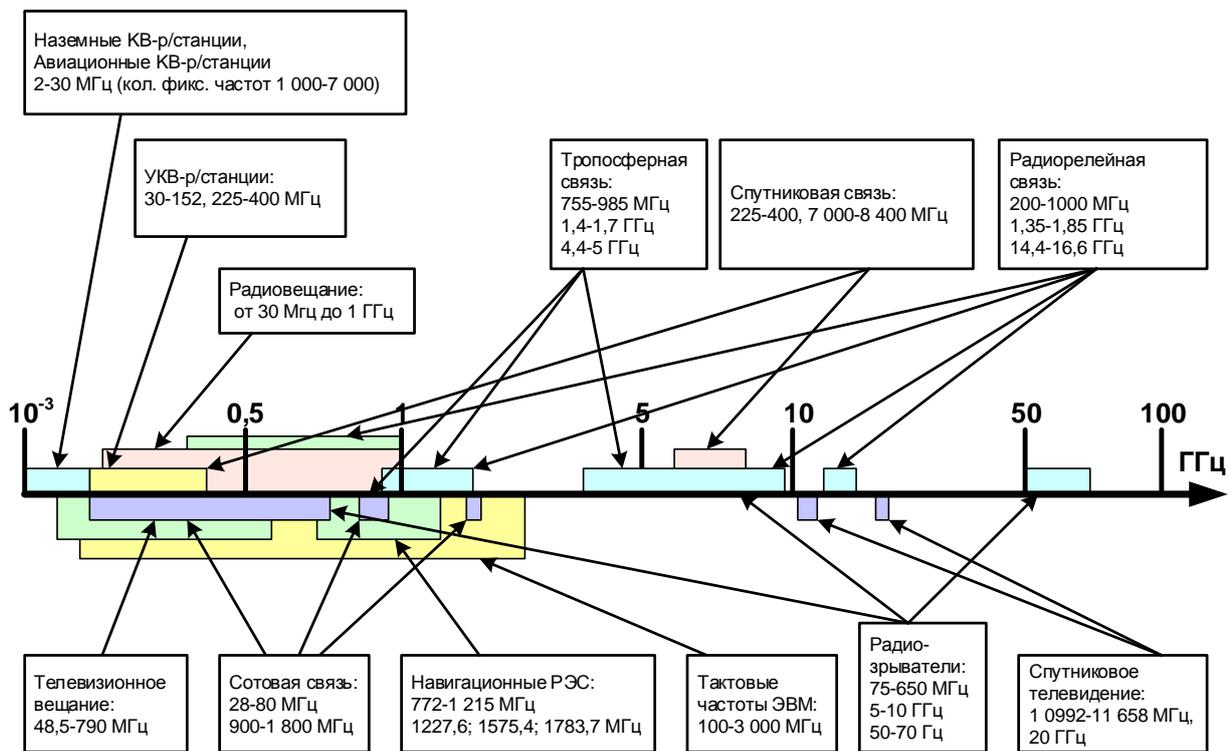


Рис. 1.4. Распределение по рабочим частотам средств связи, навигации и некоторых других систем

На рис. 1.5 показано распределение по рабочим частотам радиолокационных средств наземного и морского базирования. Из номограммы следует, что РЛС обнаружения сосредоточены в основном в диапазоне частот 2–6 ГГц, а РЛС управления оружием – в диапазоне частот 8–12 ГГц [1, 7].

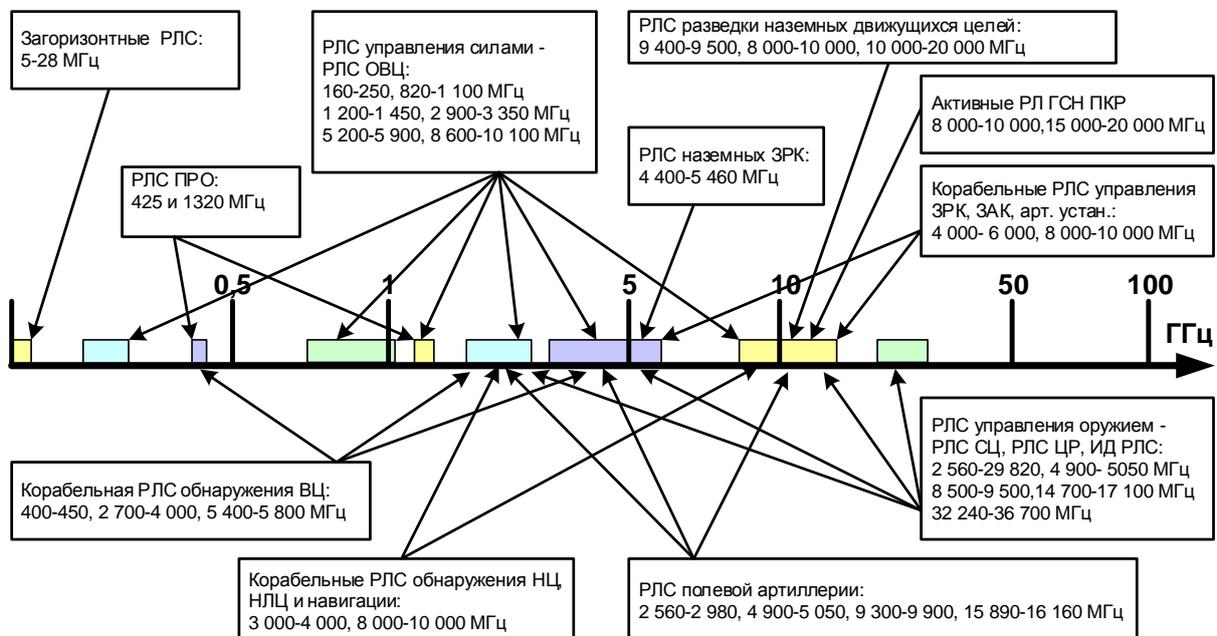


Рис. 1.5. Распределение по рабочим частотам РЛС наземного и морского базирования

На рис. 1.6 показано распределение по рабочим частотам средств радиолокации, размещаемых на летательных аппаратах различного назначения. Из номограммы видно, что наибольшая плотность РЛС этого класса приходится на частотный диапазон от 8 до 12 ГГц [1, 7].

В соответствии с данными, приведенными на рисунках, для решения задач подавления этих систем выбирались средства РЭБ, обеспечивающие воздействие в данных диапазонах. Наиболее часто используемыми средствами РЭБ в последних конфликтах являлись [1, 7]:

- AN/ALR–46 – аппаратура РРТР;
- AN/ALQ–131 – станция активных помех;
- AN/ALE–40 – станция пассивных помех;
- AN/AAR–46 – ИК-аппаратура разведки;
- AN/ALQ–132 – станция оптико-электронного подавления;
- AN/AGM–88 HARM – противорадиолокационная ракета.

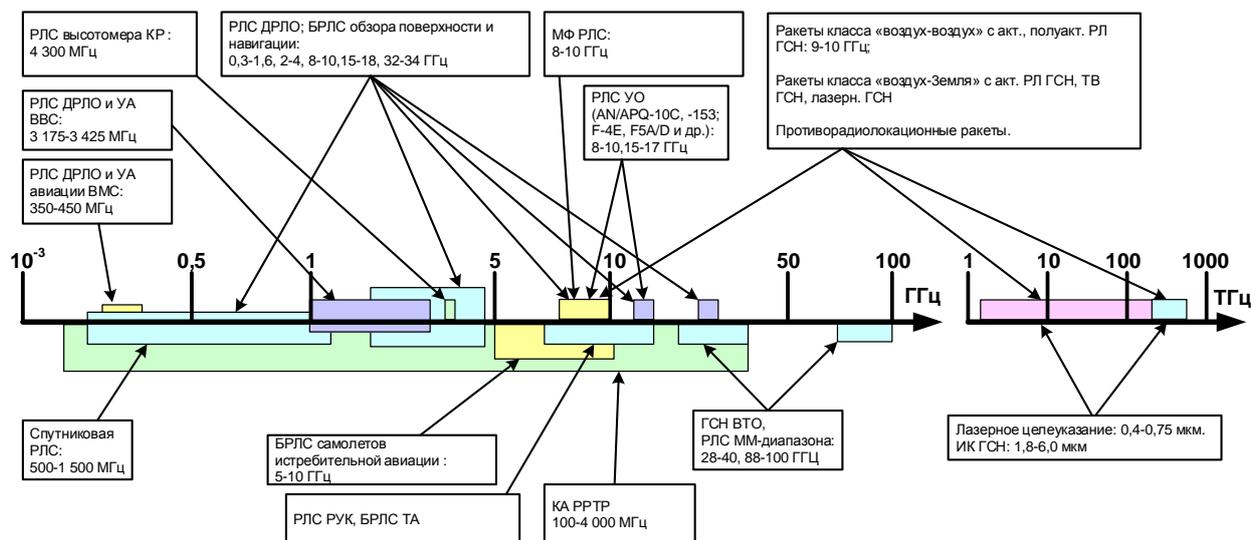


Рис. 1.6. Распределение по рабочим частотам средств радиолокации, размещаемых на летательных аппаратах различного назначения

Опыт применения средств РЭБ в локальных войнах показывает, что для подавления систем связи использовались следующие виды активных электромагнитных помех [9]:

- прицельные по одной частоте;
- скользящие в широком участке диапазона частот;
- дискретные на относительно небольшом участке диапазона частот (подавляющие одновременно несколько частот);
- сплошные заградительные, перекрывающие полностью относительно узкий участок диапазона частот.

Помимо этих видов помех применялись ответные помехи, которые ставились при появлении сигнала противника, а также ретрансляционные помехи [9].

Для подавления систем радиолокации были использованы импульсные, непрерывные или изменяющиеся по определенному закону электромагнитные помехи, а для подавления систем радионавигации – прицельные, маскирующие и имитирующие, изменяющие мощность и направление излучения радиомаяка [9].

## 2. РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ПОДАВЛЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ

### 2.1. Системы управления оружием как объекты подавления

В современных войнах радиоэлектронная борьба активно ведется всеми видами ВС, но наиболее интенсивно эти средства задействуются в интересах ВВС и ПВО. Так, в США до 70 % материальных ресурсов, предназначенных для развития и совершенствования систем РЭБ, поступают именно в авиацию. В ходе ряда конфликтов ("Буря в пустыне", "Лис в пустыне", "Шок и трепет", "Рассвет Одиссей") средства РЭБ решали следующие задачи [15]:

- дезорганизация системы государственного и военного управления стран и их ВС;
- деморализация армии и народа;
- нанесение существенного ущерба военно-экономическому потенциалу стран и разрушение их инфраструктуры;
- нанесение значительного урона группировкам ВС и создание условий для гарантированного успеха планируемых операций наземных сил с минимальными потерями.

Опыт локальных войн свидетельствует: вкладывать деньги в развитие средств РЭБ является экономически целесообразным. Анализ показывает, что стоимость техники РЭБ по отношению к стоимости основных видов вооружения составляет 5–8 %. При этом в локальных войнах и вооруженных конфликтах были весьма наглядно продемонстрированы роль и значимость РЭБ, когда ее умелое применение приводило к повышению боевого потенциала группировок войск в 1,5 раза и позволяло снизить потери кораблей в 2–3 раза, а авиации – в 4–6 раз [14, 15].

В качестве объектов воздействия средств РЭБ могут рассматриваться различные системы управления силами, войсками и оружием, и прежде всего – входящие в них отдельные РЭС добывания, передачи и обработки информации, а также энергетические системы. В качестве РЭС добывания информации выступают активные и пассивные радио-, оптико-электронные комплексы, станции и устройства. Средства передачи информации как объекты РЭБ – это средства радио-, оптической и кабельной связи. К системам и средствам обработки информации как объектам РЭБ относятся различные электронно-вычислительные сети и устройства: глобальные и локальные вычислительные сети, вычислительные центры, боевые информационно-управляющие системы, отдельные ЭВМ, микропроцессорные устройства. Всем этим системам и средствам свойственны свои сильные и слабые стороны, которые необходимо учитывать при решении задач РЭБ.

К факторам, обуславливающим сильные стороны систем управления оружием, относятся [15, 16]:

- возможность ведения радиоэлектронной и оптической разведки в широком диапазоне с использованием разветвленной сети космических, воздушных, корабельных, наземных подвижных и стационарных сил разведки;
- применение развитой системы космической и наземной связи с высокими показателями оперативности и достоверности передачи информации, значительное резервирование узлов и линий связи;
- широкое использование средств автоматизации при обработке информации и выработке управляющих решений.

Слабыми сторонами систем управления оружием являются [15, 16]:

- уязвимость РЭС от преднамеренных помех и поражающих воздействий;
- высокая наблюдаемость излучений РЭС средствами РЭР;
- зависимость эффективности комплексов вооружения от успешности функционирования систем разведки, навигации и связи, которые являются недостаточно защищенными от средств поражения и РЭБ.

При организации РЭП на системы управления оружием необходимо учитывать, что РЭС, входящим в состав систем управления, как правило, присущи следующие функции [16]:

- поиск и обнаружение целей;
- опознавание государственной принадлежности "свой – чужой";
- передача по линии связи информации об обстановке в зоне ответственности и обработка этой информации;
- выработка команд управления и передача их по линиям связи;
- целеуказание, наведение оружия и его применение по цели.

В связи с этим основные усилия при организации РЭП систем управления оружием, как правило, направлены [16]:

- на ухудшение радиолокационной видимости цели с помощью радиопоглощающих материалов и других мер, снижающих эффективную площадь отражения цели;
- ухудшение условий радиолокационной видимости цели путем создания маскирующих активных или пассивных помех;
- дезинформацию системы опознавания государственной принадлежности цели путем создания ей имитационных помех;
- нарушение работы каналов передачи информации и команд управления путем создания им активных помех;
- перегрузку датчиков систем управления оружием ложными целями с помощью имитационных помех;
- создание ошибок в наведении и ложные срабатывания оружия.

## **2.2. Подавление радиолокационных станций систем управления оружием**

В боевых условиях эффективность систем управления оружием различного назначения в значительной степени зависит от успешного функционирования РЛС, позволяющих обнаруживать и распознавать различные объекты (цели), определять их координаты, параметры движения и другие данные методами радиолокации [16].

Как показывает анализ типовых сценариев применения средств РЭБ в военном конфликте, основная часть усилий сосредотачивается на подавлении системы ПВО противника. Таким образом, наиболее актуальной тематикой подавления систем управления оружием является подавление РЛС систем ПВО.

При этом сами РЛС систем ПВО постоянно совершенствуются, что также обусловлено развитием средств воздушного нападения в направлении [15]:

- снижения радиолокационной заметности летательных аппаратов (ЛА);
- повышения маневренности и расширения диапазона скоростей и высот полета, создание мини- и микро-ЛА;
- роста возможностей средств РЭП и средств ракетно-бомбового поражения РЛС.

Основными направлениями развития перспективных РЛС являются [15]:

- расширение перечня задач, решаемых РЛС в комплексах вооружения в интеграции их с подсистемами разведки, подавления и навигации для решения задач по предназначению;
- увеличение дальности обнаружения и числа одновременно сопровождаемых целей;
- повышение точности измерения координат и разрешающей способности;
- адаптивный обзор требуемой зоны с заданными параметрами;
- автоматическое распознавание класса и типа цели;
- повышение скрытности излучения за счет использования различных диапазонов электромагнитных волн (3 мм, 8 мм) и сверхширокополосных сигналов, управления мощностью излучения и изменения формы диаграммы направленности антенны;
- групповое применение бистатических систем радиолокации, работа в условиях встречного излучения РЛС противника и помех, обеспечение электромагнитной совместимости.

Реализация указанных направлений будет обеспечиваться за счет [15]:

- применения твердотельных активных фазированных антенных решеток (АФАР) с программным электронным сканированием луча и цифровым преобразованием сигналов в элементах решетки;
- реализации оптимальных (квазиоптимальных) адаптивных алгоритмов цифровой обработки радиолокационной информации в условиях РЭП;
- использования в многофункциональных РЛС режимов навигации, опознавания, наведения оружия и обмена информацией;
- перехода к наземным и авиационным многопозиционным РЛС и системам пассивного и активно-пассивного типа, совместно ведущим радиолокационное сопровождение цели.

Многочисленные попытки совершенствования РЛС на базе традиционной радиолокации наталкиваются на проблемы принципиального характера. Выходом из создавшегося положения является развитие двух принципиально новых радиолокационных технологий [15]:

- ММО (Multiple Input – Multiple Output ("много входов – много выходов") – радиолокационная технология, основанная на многопозиционной радиолокации, а также получении и совместной апостериорной обработке результатов измерений;
- САОРИ – технология радиолокационных систем с апостериорной обработкой результатов измерений (JAPRM technology).

Возможность нарушения работоспособности большинства РЛС является прямым следствием принципа их работы, заключающегося в излучении радиосигналов в пространство и приеме отраженных от объектов сигналов. Излучение сигналов не только демаскирует РЛС и позволяет обнаружить ее местоположение, но и дает возможность определить основные характеристики режима ее работы: рабочую частоту, вид излучения, поляризацию сигнала, вид и параметры модуляции сигнала (АМ, ЧМ, ФМ, ФКМ), ширину спектра, длительность импульса, частоту следования импульсов, излучаемую мощность [15].

Измеренные характеристики дают возможность определить тип облучаемой защищаемый объект РЛС, сформировать помеховый сигнал в соответствии с предусмотренным заранее алгоритмом и нарушить нормальную работу РЛС. При этом непосредственная задача РЭП может заключаться в создании условий, при которых отраженный от объекта сигнал будет замаскирован более мощным помеховым сигналом, в результате чего исключается возможность извлечения из него полезной информации, необходимой для системы ПВО, или создаются сигналы, несущие ложную информацию об объектах и воздушной обстановке в целом. В результате этого в системе ПВО могут вырабатываться неверные решения, снижающие эффективность ее работы [16].

Различные виды помех вызывают в РЛС, входящих в состав систем управления оружием, следующие эффекты [16]:

- нарушение процесса обнаружения (пропуск цели);
- дезориентацию оператора РЛС или комплекса вооружения;
- задержку обнаружения или задержку начала автосопровождения цели;
- сопровождение ложной цели или перегрузку систем обработки информации их большим количеством;
- нарушение способности измерения радиолокационными средствами дальности, скорости и направления цели;
- создание ошибок в измерении дальности, скорости и направления цели;
- срыв автосопровождения цели или ракеты.

Современные РЛС решают широкий круг задач, связанных с обнаружением целей, определением их местоположения в пространстве и оценкой параметров их движения. Помеховое воздействие на РЛС требует знания конкретных функциональных характеристик ее аппаратуры, а также принципов решения возложенных на комплекс вооружения задач. Наибольшего эффекта РЭП достигает тогда, когда оно организуется целенаправленно с учетом индивидуальных особенностей подавляемой аппаратуры [16].

Методы создания помехи могут быть самыми различными и определяться типом подавляемых РЛС. В РЛС обнаружения и сопровождения, а также в РЛС управления оружием канал автоматического сопровождения по направлению является основным, так как именно там произво-

дятся угловая селекция и измерение угловых координат. По этим каналам обычно ставится организованная помеха для того, чтобы сорвать сопровождение цели по угловым координатам [16].

К основным видам помех, ориентированных на РЛС, относятся [16]:

1. Универсальные помехи:

- шумовая помеха;
- когерентная помеха;
- поляризационная помеха;
- мерцающая помеха;
- прерывистая помеха;
- перенацеливающая помеха;
- помеха с вынесенной точки пространства.

2. Помехи, зависящие от принципа работы подавляемой РЛС:

- помеха, ориентированная на угломерные РЛС;
- помеха, ориентированная на РЛС с коническим сканирующим лучом;
- заградительная по частоте сканирования помеха, модулированная по амплитуде сеткой частот;
- комбинированная помеха по угломерному каналу со скрытым коническим сканированием лучом и по каналу скорости;
- помеха полуактивным доплеровским головкам самонаведения с коническим сканированием лучом;
- адаптивная помеха, ориентированная на подавление РЛС сопровождения.

При этом надо учитывать, что в современных РЛС для противодействия помехам используются следующие способы помехозащиты [15]:

- перестройка несущей частоты от импульса к импульсу в широкой полосе частот по случайному закону;
- моноимпульсный метод измерения угловых координат целей и угловое стробирование отметок;
- применение простых и сложных импульсных зондирующих сигналов, период повторения и длительность которых могут изменяться в широких пределах;
- управление параметрами обзора (временем облучения цели, частотой обращения к цели, периодом просмотра сектора поиска и др.) в соответствии с быстро изменяющейся тактической и радиоэлектронной обстановкой;
- компенсация и бланкирование помех, принимаемых по боковым лепесткам диаграммы направленности;
- селекция движущихся целей на фоне естественных и искусственных пассивных помех;
- применение специальных режимов – пеленгация (пассивное сопровождение), сопровождение по переднему фронту импульса, силовое преодоление преднамеренных помех;
- применение оптимальных и квазиоптимальных алгоритмов обнаружения и селекции целей;
- фильтрация параметров траекторий и управление полетом управляемых ракет;
- структурная адаптация многопозиционной радиолокационной системы, использование ложных излучений;
- различные модификации автоматической регулировки усиления и стабилизация уровней ложных тревог.

### **2.3. Системы связи как объекты подавления**

Для определения параметров систем связи в различных диапазонах в интересах их подавления используются средства радиоразведки. Основными источниками информации для систем радиоразведки являются радиосредства, установленные на самолетах, кораблях, наземных станциях связи и управления СВ, а также спутниковые системы связи [7].

Используемые частоты в системах связи распределяются следующим образом [7]:

- 3–30 Гц (КНЧ-диапазон), 30–300 Гц (СНЧ-диапазон) – связь с подводными лодками на большой глубине;
- 0,3–3 кГц (УНЧ-диапазон), 3–30 кГц (ОНЧ-диапазон) – связь с подводными лодками;
- 30–300 кГц (НЧ-диапазон) – связь с использованием отражения от атмосферы (связь в условиях ведения ядерной войны);
- 0,3–3 МГц (СЧ-диапазон) – стратегическая дальняя связь;
- 3–30 МГц (ВЧ-диапазон) – загоризонтная тактическая связь (самолеты, корабли, наземные средства);
- 30–300 МГц (ОВЧ-диапазон) – связь "земля – воздух" и связь в пределах прямой видимости (корабли, самолеты, наземные средства);
- 0,3–3 ГГц (УВЧ-диапазон) – спутниковая и тактическая связь "земля – воздух", бортовая связь самолетов;
- 3–30 ГГц (СВЧ-диапазон), 30–300 ГГц (КВЧ-диапазон) – спутниковые системы связи (ССС);
- 0,4–0,75 мкм (видимая часть спектра электромагнитных волн) – лазерные системы связи, связь с подводными лодками в голубой и зеленой частях спектра видимого света.

Радиосвязь в КВ- (3–30 МГц) и в нижней части ОВЧ- (30–52 МГц) диапазонов по основным показателям (помехозащищенность, надежность) приближается к спутниковым системам связи. Основным направлением ее совершенствования является развитие автоматизированных адаптивных средств связи, способных работать в помехозащищенном режиме [7].

УКВ-радиосвязь (в основном используется диапазон 225–400 МГц) активно используется в тактических звеньях управления авиации, кораблей и наземных формирований, о чем свидетельствуют данные радиоразведки при ведении военных действий [7].

При этом дециметровый, сантиметровый и особенно миллиметровый диапазоны волн позволяют аппаратуре связи работать в очень широкой полосе частот, с большой эффективной излучаемой мощностью при небольших размерах антенн [7].

Для выбора типа и диапазона постановки помех средствам РЭП необходимо выдать целеуказание по характеристикам подавляемых РЭС средств связи. Для этого используются средства РРТР.

Основными функциями системы разведки являются [7]:

- непрерывное сканирование диапазона частот;
- дискретное сканирование полосы частот;
- комбинированное сканирование.

Различные диапазоны систем связи характеризуются следующими параметрами, значимыми для средств разведки [7]:

- приоритет;
- скорость сканирования;
- порог обнаружения;
- исключение сигналов, не представляющих интереса.

Вероятность обнаружения РЭС систем связи зависит от скорости сканирования относительно длительности принимаемых сигналов. Например, при продолжительности связи в УКВ-диапазоне, равной нескольким секундам, скорость сканирования, равная 20–50 МГц/с, будет приемлемой [7].

Чувствительность приемных разведывательных устройств в КВ- и УКВ-диапазонах с широкополосными антеннами лежит в пределах 0,5–5 мкВ/м, а разрешающая способность по частоте находится в пределах 20–30 кГц [7].

Сложнее обстоит дело с перехватом сигналов средств связи, которые используют режимы псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ). В этом случае необходимо установить программу, по которой изменяется частота разведываемой связной станции, что является непростой задачей. При этом, как правило, содержание передачи таких средств связи не поддается анализу [7].

Существующие системы связи в большинстве своем являются цифровыми. Для перехвата таких сигналов необходимо иметь полностью цифровое приемное устройство, работающее в режиме радиомониторинга. Современные цифровые приемные устройства, работающие в режиме радиомониторинга в диапазоне частот 1,5–30 МГц, имеют чувствительность 184 дБВт/Гц, динамический диапазон не менее 80 дБ, скорость поиска по частоте 3–50 ГГц/с, разрешение по частоте от 100 Гц до 5 кГц. Они способны вести разведку сигналов с ППРЧ, сигналов со сжатием, со всеми видами модуляции и кодирования [7].

Дальность разведки для средств связи определяется их типом и используемым диапазоном [7]:

- для средств КВ – до 3 000 км;
- для средств УКВ – до 200 км (при наличии прямой видимости);
- для средств РТР – до 100 км для наземных целей, до 300 км для воздушных целей.

Разведка сигналов спутниковой связи представляет собой технически сложную задачу, так как при применении на космическом аппарате (КА) узконаправленных антенн с диаграммой направленности  $1^\circ$  и менее (что возможно в миллиметровом и оптическом диапазонах волн) обеспечивается высокая скрытность связи. При этом прием сигналов по боковым лепесткам диаграмм направленности спутниковой антенны требует высокой чувствительности приемника разведки – 140 дБ/Вт и выше [7].

Информация о разведанных целях в КВ- и УКВ-диапазонах поступает в систему местоопределения, где обеспечивается решение задачи определения местоположения РЭС связи по данным территориально-распределенной сети средств разведки. Современные комплексы радиоразведки и РЭП способны обнаружить несколько сотен источников излучения в КВ-диапазоне и более десятка тысяч источников излучения УКВ-диапазона и подавлять до сотни целей [7].

Станции активных помех в КВ- и УКВ-диапазонах способны поставлять различные типы помеховых сигналов: шум, меандр, сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), псевдослучайный код, "электронную музыку". При этом ширина заградительных помех может составлять 5–100 МГц, ширина прицельной помехи – от 50 кГц до 100 МГц при выходной мощности передатчика не менее 1 кВт [7].

#### 2.4. Помехозащищенность радиолиний отдельных родов связи

Для оценки помехоустойчивости систем радиосвязи общепринятым является использование так называемого коэффициента защиты ( $K_3$ ) [17], представляющего собой минимально допустимое отношение сигнал/(шум + помеха) (ОСШП) на входе приемника, при котором еще обеспечивается требуемое качество связи (заданная достоверность приема). Обычно значения  $K_3$  представляются в виде нескольких сомножителей, учитывающих способы модуляции, быстрые и медленные замирания сигналов на трассах связи, виды помех и др. Реальные значения  $K_3$  обычно находятся в рамках от 1 (слуховой прием) до 50–100 (качественная телефонная связь) [17].

Для оценки эффективности подавления (полного нарушения связи) обычно используют коэффициент подавления ( $K_{\Pi}$ ), представляющий собой минимально возможное значение отношения помеха/сигнал на входе приемника, при котором достигается полное нарушение связи. По аналогии с  $K_3$  коэффициент подавления также может представляться в виде сомножителей, учитывающих виды информационных сигналов, типы помех, влияние быстрых и медленных замираний сигналов и помех на трассах связи и др. [17].

По физическому смыслу данные коэффициенты не являются взаимно обратными величинами ( $K_3 \neq 1/K_{\Pi}$ ), поскольку значения  $K_{\Pi}$  соотносятся с воздействиями специально организованных (преднамеренных) помех и с полным прекращением связи.

Отмеченные коэффициенты характеризуют в основном технические характеристики самих приемных устройств с подключенными к их выходам абонентскими комплектами, рассчитанными на определенные виды информационных сигналов (телефония, передача

данных и др.). Оценка качества приема здесь зависит только от отношения сигнал/шум (или помеха/сигнал) и не учитывает возможных дополнительных зависимостей от абсолютных значений самих сигналов (т. е. не учитывает энергетических параметров передающих устройств, параметров трасс связи, значений коэффициентов усиления антенн, их пространственной избирательности и др.). Иначе говоря, применение только таких коэффициентов не содержит необходимых данных о возможных свойствах помехозащищенности реальных линий радиосвязи (ЛРС) и их различий по данному показателю.

Для количественной оценки помехозащищенности радиолиний в реальных условиях их развертывания было предложено использовать новый показатель – *реальную помехозащищенность* [17].

Реальную помехозащищенность соответствующего типа радиолинии (РРЛ, ТРЛ, ДКМ, МВ, ЛРС ССС и пр.) оценивают через максимально допустимые значения мощности помехи на входе ее приемного устройства ( $P_{П.ВХ}$ ) для близкой к штатной (рис. 2.2) протяженности интервала радиосвязи, при которой в канале радиолинии происходит полное нарушение связи [17]:

$$P_{П.ВХ} = P_{С.ВХ} \cdot K_{П} \cdot K_{З.АНТ}(\alpha),$$

где  $P_{П.ВХ}$  – соответствует мощности сигнала на входе приемника радиолинии для близкой к штатной протяженности ее интервала  $P_{С}$  (км);  $K_{П}$  – коэффициент подавления;  $K_{З.АНТ}$  – коэффициент защиты приемной антенны со стороны ее боковых и обратных лепестков ( $K_{З.АНТ} \approx 1$  для  $\alpha \approx 0^\circ$ ,  $K_{З.АНТ} \geq 10-10^3$  для  $\alpha \approx 90^\circ-180^\circ$ ).

Значения реальной помехозащищенности (рис. 2.1), согласно [17], зависят от мощности информационного сигнала в точке приема (от мощности передатчика, коэффициентов усиления приемной и передающей антенн, протяженности трассы связи и условий прохождения радиоволн), технических значений параметра  $K_{П}$  и направлений прихода в точку приема радиопомех (от защитных свойств антенн). Как показано ниже, с применением данного показателя вполне возможными становятся различного рода энергетические (количественные) оценки при расчетах помехозащищенности реальных наземных радиолиний в условиях применения средств РЭП [17].

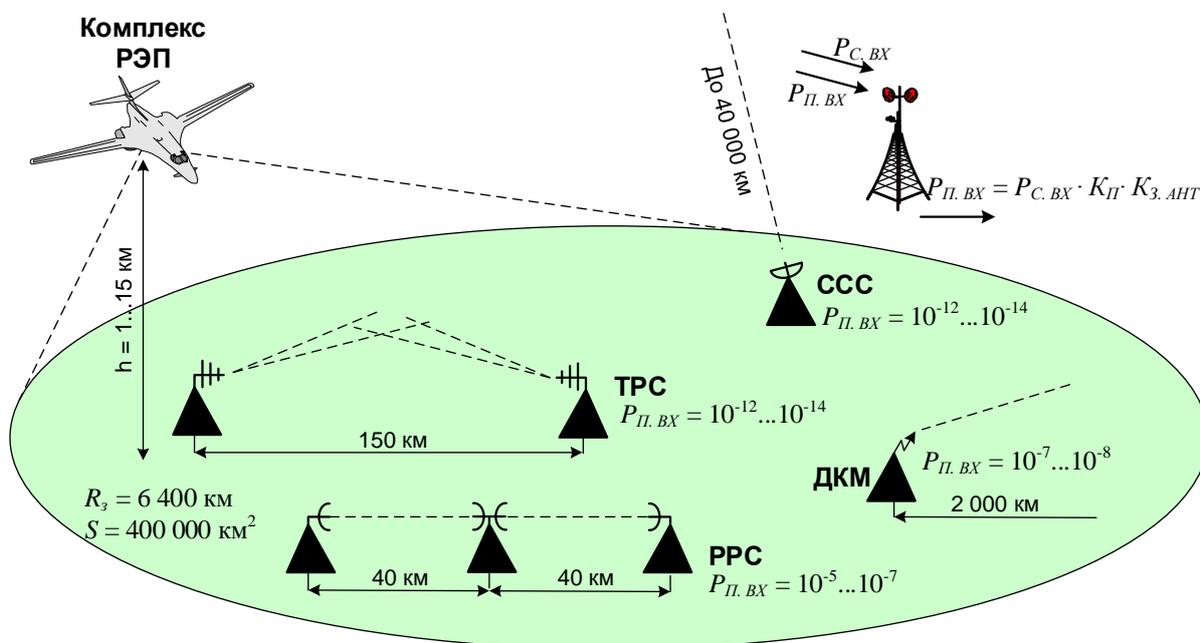


Рис. 2.1. Количественное определение реальной помехозащищенности  $P_{П.ВХ}$  для радиолиний различных типов

Проведем оценку вероятных значений коэффициентов подавления линий связи. Для получения объективной количественной оценки необходимо проведение специальных

лабораторных, полигонных и полевых испытаний, включая применение передатчиков помех на летно-подъемных средствах. Поскольку данные по результатам подобного рода испытаний в отечественной и в рассмотренной зарубежной литературе отсутствуют, то остается только один способ приближенной количественной оценки ожидаемых (вероятных) верхних (оптимистических) и нижних (пессимистических) значений  $K_{\Pi}$ . Данный способ состоит в использовании известных из теории связи значений "пороговой" мощности сигналов для получения "оптимистической" оценки  $K_{\Pi}$  и простейших аналитических соотношений для "пессимистической" оценки нижних граничных значений данного показателя [17].

Что касается оценки верхних значений  $K_{\Pi}$  для применяемых в составе сетей многоканальных радиолиний, то для случая шумовой помехи с мощностью  $P_{\Pi} = P_{\text{ш}}$  "оптимистические" значения  $K_{\Pi} = P_{\Pi}/P_{\text{С порог}}$  для приемных устройств многоканальных радиолиний реально будут иметь значения порядка 0,1–0,06 [17].

Известно, что заградительные шумовые помехи в энергетическом плане относятся к числу наименее эффективных. Более рациональными с точки зрения экономии выходной мощности передатчиков помех являются импульсные помехи (частотно-сканирующие, дискретно-сканирующие и т. п.), т. е. попадающие в каналы радиосвязи с определенной частотой повторения. Так, если принять во внимание типовые значения полосы каналов радиосвязи многоканальных наземных радиолиний ( $\Delta f \approx 0,1\text{--}1$  МГц), то минимальные значения длительности попадающих в эту полосу частот импульсных помех (при их дискретном сканировании) составят:  $\Delta t = 1/\Delta f$ , или  $\Delta t \approx 10^{-5}\text{--}10^{-6}$  с [17].

Частота повторения  $n$  таких импульсов в канале радиосвязи при постоянном "обслуживании" передатчиком помех, например, порядка  $N = 100$  частот (что близко к частотному ресурсу значительной части существующих типов наземных радиолиний) может составить:  $n = 1/(N \cdot \Delta t)$  или  $n = 10^3\text{--}10^4$  имп. в секунду. При указанных значениях длительности импульсов помех (1–10 мкс) и частот их повторения неизбежно существенное снижение помехозащищенности основных видов многоканальной радиосвязи, вплоть до полной их потери. Вероятные значения коэффициента подавления  $K_{\Pi} = K_{\Pi \text{ max}}/N$  для данного примера могут составить значения  $10^{-3}\text{--}10^{-4}$  [17].

Однако реальные значения подобных показателей для многоинтервальных радиолиний могут оказаться еще хуже. Связано это не только с процессами ретрансляции, суммирования и размножения помех и искажений, но и с возможным одновременным попаданием преднамеренных помех на несколько участков многоинтервальных линий. В этих случаях сама структура многоинтервальной линии служит дополнительным источником размножения помех на последующих ее участках. С увеличением числа подверженных интенсивным помехам участков многоинтервальной радиолинии или сети радиосвязи в целом процесс размножения таких помех может приобретать лавинообразный характер. Это означает, что для внешних заградительных помех многоинтервальные линии и сети радиосвязи становятся "многовходовыми". Это служит дополнительным источником для повышения эффективности воздействий преднамеренных радиопомех. Многовходовый характер проникновения заградительных помех оказывается особо опасным для сетей радиосвязи, имеющих в своем составе участки сети: с низкими уровнями полезных сигналов на стороне приема; с глубокими медленными замираниями; с полужакрытыми интервалами связи; с дополнительными затуханиями сигналов в передающих фидерных трактах, с неисправными передатчиками, с некачественной юстировкой антенн и пр. В связи с этим вполне резонным может быть заключение, что с ростом структурной сложности и разветвленности сетей связи показатели их помехозащищенности неизбежно снижаются [17].

Таким образом, в качестве нижней границы ("пессимистической") оценки значений  $K_{\Pi}$  можно принять значения от  $10^{-3}$  до  $10^{-4}$  [17].

Определение областей вероятных значений  $K_{\Pi}$  позволяет количественно определить значения реальной помехозащищенности основных типов радиолиний из состава сетей связи для условий системного РЭП. Эта количественная оценка на основе предложенного выше показателя "реальной помехозащищенности" радиолинии  $P_{\Pi, \text{вх}}$  и с учетом ряда упрощающих предположений (проведение расчетов для номинальных значений выходной мощности передатчиков, наличия открытых трасс связи, табельной юстировки антенн, штатной протяженности интервалов связи и пр.) представлена в табл. 2.1 и 2.2 [17].

В табл. 2.1 приведены оценки значений мощности информационных сигналов  $P_{C.VX}$  на выходе приемной антенны для основных типов линий радиосвязи военного назначения (радиорелейных, тропосферных, коротковолновых, спутниковых и пр.) в соответствии с расчетами, выполненными в работе [17].

В табл. 2.2 в соответствии с расчетами, выполненными в работе [17], приведены оценки реальной помехозащищенности радиолиний  $P_{П.VX}$  для основных типов ЛРС военного назначения, с учетом значений  $P_{C.VX}$ , с учетом коэффициента подавления  $K_{П}$  и коэффициента защиты приемной антенны со стороны ее боковых и обратных лепестков  $K_{З.АНТ}$ .

Из анализа приведенных в табл. 2.2 данных можно сделать следующий основной вывод. При штатных условиях функционирования радиолиний различных типов на входных трактах их приемных устройств ( $P_{C.VX}$ ) имеются значительные отличия в значениях мощности полезных сигналов, которые достигают многих порядков [17].

Так, для стационарных РРЛ мощности принимаемых полезных сигналов находятся в области значений  $P_{C.VX} \approx 10^{-5}$  Вт, а для мобильных (носимых, возимых, военных) станций спутниковой связи они имеют значения  $P_{C.VX} \approx 10^{-14}$  Вт. Столь большая разница ( $\approx 10^9$  раз) означает следующее. В совпадающих частотных диапазонах и при одинаковых значениях сомножителей ( $K_{П} \cdot K_{З.АНТ}$ ) линии спутниковой связи по критерию реальной помехозащищенности потенциально проигрывают стационарным радиорелейным линиям до  $10^9$  раз. Причем эти проигрыши обусловлены не какими-то техническими недостатками оборудования линий спутниковой связи, а существенной разницей в протяженностях интервалов связи (разница между 40 км и 40 000 км дает проигрыши в энергетическом потенциале до  $\approx 10^6$  раз) и в суммарном коэффициенте усиления передающей и приемной антенн (дополнительные проигрыши в энергетическом потенциале до  $\approx 10^3$  раз) [17].

Таблица 2.1

**Расчетные значения мощности информационных сигналов  $P_{C.VX}$  на выходе приемной антенны**

Тип радиолинии	Средняя полоса частот радиолинии $f_{ср}$ , ГГц	Мощность передатчика сигнала $P_{C.ПРД}$ , Вт	Коэф. $G_A$ прд. усиления передающей антенны	Длина радиолинии $R_C$ , км	Коэф. $W^2_0$ затухания свободного пространства на линии радиосвязи	Коэф. $W^2_{C.МЕДЛ}$ затухания на линии радиосвязи за счет медленных замираний	Коэф. $W^2_{C.ЗЕМ}$ потерь сигнала в Земле и в рельефе местности	Коэф. $W^2_{C.ТРОП}$ потерь сигнала в тропосфере	Коэф. $G_A$ прм. усиления приемной антенны	Значения мощности информационных сигналов $P_{C.VX}$ на входе приемника при идеальных фидерных трактах, Вт	Среднее значение мощности информационных сигналов $P_{C.VX}$ ср. входе приемника при идеальных фидерных трактах, Вт
РРЛ стац.	2	10	$10^4$	40	$10^{13}$	1	1	1	$10^4$	$10^{-3}-10^{-5}$	$10^{-5}$
РРЛ моб.	2	5	$10^3$	40	$10^{13}$	1	5	1	$10^3$	$10^{-6}-10^{-8}$	$10^{-7}$
ТРЛ стац.	4	$5 \cdot 10^3$	$10^4$	150	$10^{15}$	10–30	1	$10^7-10^8$	$10^4$	$10^{-11}-10^{13}$	$10^{-12}$
ТРЛ моб.	4	$10^3$	$5 \cdot 10^3$	150	$10^{15}$	10–30	1	$10^7-10^8$	$5 \cdot 10^3$	$10^{-12}-10^{-14}$	$10^{-13}$
КВ ЛРС, стац.	0,01	$10^4$	15	$2,7 \cdot 10^4$	$10^{11}$	10–100		1	15	$10^{-6}-10^{-7}$	$10^{-7}$
КВ ЛРС, моб.	0,01	$10^3$	3	$2,8 \cdot 10^3$	$10^{11}$	10–100	5–10	1	3	$10^{-7}-10^{-9}$	$10^{-8}$

Спутн. ЛРС, стац.	6	10–30	50	$4 \cdot 10^4$	$10^{20}$	1	1	1	$10^5$	$\approx 10^{-12}$	$10^{-12}$
Спутн. ЛРС, моб.	6	10–30	50	$4 \cdot 10^4$	$10^{20}$	1	1	1	$10^2-10^3$	$\approx 10^{-14}$	$10^{-14}$

Таблица 2.2

**Расчетные значения  $P_{П. ВХ}$  для основных типов радиолиний военного применения, с учетом значений  $P_{С. ВХ}$ , коэффициента подавления  $K_{П}$  и коэффициента защиты приемной антенны со стороны ее боковых и основных лепестков  $K_{З. АНТ}$**

Тип линии радиосвязи	$P_{С. ВХ. СР}, \text{Вт}$	$P_{П. ВХ}, \text{Вт}$							
		$K_{П} \cdot K_{З. АНТ}$			$K_{П} \cdot K_{З. АНТ}$				
		0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000	10000
РРЛ стац.	$10^{-5}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$
РРЛ моб.	$10^{-7}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$
ТРЛ стац.	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$
ТРЛ моб.	$10^{-13}$	$10^{-16}$	$10^{-15}$	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$
КВ (УКВ) ЛРС	$10^{-8}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$
Спутниковая ЛРС, стац.	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$
Спутниковая ЛРС, моб.	$10^{-14}$	$10^{-17}$	$10^{-16}$	$10^{-15}$	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-12}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$

Существенные проигрыши по данному показателю имеют место и у тропосферных линий (до  $10^6-10^8$  раз) по сравнению с радиорелейными, хотя тропосферные станции используют более мощные (до 10–100 раз) по сравнению с РРС передатчики и антенны с большими коэффициентами усиления (до 5–15 раз). Причины проигрышей здесь связаны с существенно большими протяженностями интервалов связи ТРЛ по сравнению с РРЛ (до 3–5 раз) и с особо большими потерями сигналов на трассах из-за механизмов дальнего тропосферного распространения радиоволн (до  $10^6-10^9$  раз) [17].

На рис. 2.2 представлены результаты сопоставления реальной помехозащищенности по показателю  $P_{П. ВХ}$  различных линий радиосвязи, нормированные по отношению к реальной помехозащищенности стационарных РРЛ, обычно имеющих наивысшие значения мощности информационных сигналов на входах их приемных устройств (значения множителя  $K_{П} \cdot K_{З. АНТ}$  для сопоставляемых радиолиний приняты одинаковыми) [17].

Из анализа приведенных расчетных данных и в дополнение к сделанным выше замечаниям в части сопоставительной оценки реальной помехозащищенности РРЛ, ТРЛ и спутниковых радиолиний можно сделать следующие заключения [17]:

- значения реальной помехозащищенности радиолиний (значения РП ВХ) зависят в первую очередь от реальных значений мощности полезных сигналов ( $P_{С. ВХ. СР}$ ) на входах их приемников. Чем они выше, тем большие значения РП ВХ необходимы для нарушения связи (тем выше реальная помехозащищенность);

- реальная помехозащищенность радиолиний РП ВХ зависит от направлений прихода радиопомех (значений  $K_{З. АНТ}$ ), их структуры (значений  $K_{П}$ ) и для одного и того же типа радиолинии, с учетом значений множителя  $K_{П} \cdot K_{З. АНТ}$  (табл. 2.2), может отличаться от средних значений до  $\pm (103-104)$  раз;

- потенциально наивысшими значениями реальной помехозащищенности располагают станции и линии радиорелейной связи (для стационарных РРЛ РП ВХ  $\approx 10-3-10-5$  Вт, для мобильных РРЛ РП ВХ  $\approx 10-6-10-8$  Вт);

- потенциально наименьшими значениями реальной помехозащищенности располагают линии спутниковой связи (для стационарных средств ССС РП ВХ  $\approx 10-11-10-13$  Вт, для мобильных средств ССС РП ВХ  $\approx 10-13-10-15$  Вт);

– значения реальной помехозащищенности линий тропосферной связи оказываются достаточно близкими к соответствующим показателям линий спутниковой связи ( $P_{ПВХ} \approx 10^{-11}$ – $10^{-14}$  Вт);

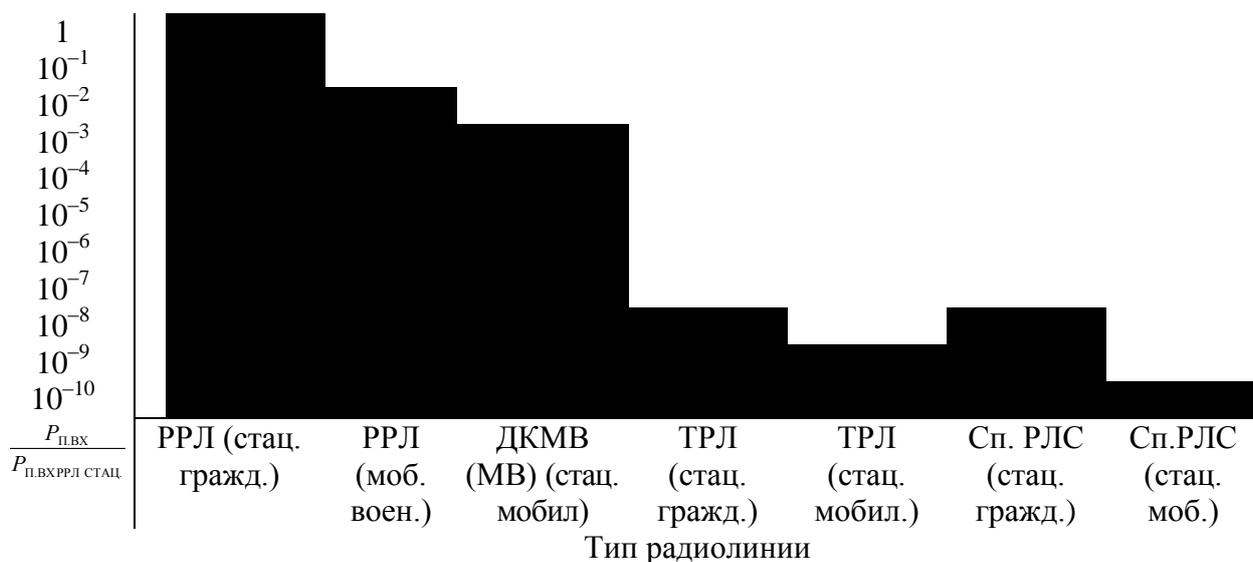


Рис. 2.2. Сравнительные данные по реальной помехозащищенности радиолиний различных типов

– показатели реальной помехозащищенности ДКМ (МВ) радиолиний занимают промежуточные значения между РРЛ и ТРЛ (для средств связи КВ-диапазона  $P_{ПВХ} \approx 10^{-6}$ – $10^{-9}$  Вт, для средств связи УКВ-диапазона  $P_{ПВХ} \approx 10^{-8}$ – $10^{-11}$  Вт);

– потенциально наилучшими свойствами в области электромагнитной совместимости располагают радиолинии с наименьшими значениями реальной помехозащищенности ДКМ, ТРЛ, спутниковые ЛРС.

Следует отметить, что приведенные выше соотношения между значениями реальной помехозащищенности для близких к штатным условиям применения рассматриваемых типов радиолиний не могут быть искусственно изменены в пользу любой из них за счет применения каких-то особых, присущих только данному типу радиолиний видов сигналов или способов их обработки [17].

Требуемые для практики количественные данные по оценке энергетической доступности наземных радиолиний передатчикам помех на самолетах РЭБ могут быть получены при пересчете приведенных в табл. 2.2 значений  $P_{ПВХ}$  на выходную мощность передатчиков помех, размещенных на самолетах РЭБ. Результаты подобного пересчета в пределах частотных диапазонов СДВ–ММВ представлены в табл. 2.3. При расчетах протяженность линии радиопомех принята  $R_{П} = 400$  км, что соответствует дальности "прямой" радиовидимости при высоте барражирования самолета РЭБ на высоте 10 км. Эти ограничения введены с целью получения верхней граничной оценки для выходной мощности передатчиков помех, достаточных для нарушения связи в соответствующей ЛРС.

Обозначенные в левой части табл. 2.3 [17] заштрихованные области соответствуют наиболее вероятным отклонениям от нормы в значениях  $P_{ПВХ}$  для соответствующих типов радиолиний в зависимости от возможного изменения значения сомножителя  $K_{П} \cdot K_{3, АНТ}$  ( $10^{-3}$ – $10^{-4}$ , табл. 2.2) и возможных отклонений от средних значений  $P_{СВХ, СР}$  (0,1–10 Вт, табл. 2.1).

Показанная в правой части табл. 2.3 ломаная линия соответствует реально возможным значениям суммарной эффективной мощности бортовых передатчиков помех из расчета на один самолет РЭБ –  $P_{П, ПРД, ЭФ\Sigma} \approx 100$  кВт ( $10^5$  Вт). Тем самым она делит приведенные расчетные данные на две области: верхнюю (недоступную для средств на самолетах РЭБ с расстояний 400 км в режиме "прицельных" помех) и нижнюю (доступную для средств РЭБ в аналогичном режиме). Разделение таких зон на две является достаточно условным, поскольку относится оно к  $R_{П} = 400$  км и соответствует значениям сомножителя  $K_{П} \cdot K_{3, АНТ} = 0,1$ – $1$  (табл. 2.2). Создание преднамеренных

помех с меньших расстояний, со специальной структурой помех (импульсные, дискретно-сканирующие и пр.), со стороны боковых и обратных лепестков диаграмм направленности антенн и т. д. может быть учтено в приведенных табличных данных соответствующим изменением их численных значений (масштабного множителя).

Из приведенных данных табл. 2.3, например, следует, что при создании прицельной помехи с самолета РЭБ мобильной ТРС со стороны ее главного лепестка с мощностью  $P_{ПВХ} = 10^{-12}$  Вт, необходимыми и достаточными значениями выходной мощности передатчика помех на самолете РЭБ с расстояния  $R_{П} = 400$  км в частотном диапазоне 600 МГц составят значения всего около  $P_{П. прд. эф} \approx 1$  Вт. Это вполне согласуется с данными, которые были экспериментально получены еще в 1967 г. путем специально организованных полигонных испытаний подавления наземной ТРЛ преднамеренных помех с авиационного постановщика помех [18].

В случае же применения импульсных помех (обычно  $K_{П имп.} \leq (10^{-2} - 10^{-3})$ ) и учета негативного влияния на связь быстрых и медленных замираний сигналов на интервалах тропосферной связи, необходимая и достаточная мощность передатчика помех для тех же условий может составить  $P_{П. прд. эф} \approx 1$  мВт. При этом подобного рода результаты не являются неожиданными. Именно они нашли свое подтверждение в специальных испытаниях ТРЛ военного назначения [19].

Таблица 2.3

**Расчетные значения эффективной мощности передатчиков помех на самолете РЭБ ( $P_{П. прд. эф}$ ) достаточных для нарушения связи с расстояния прямой видимости в 400 км**

$P_{П. ВХ}$ (Вт)	Тип линии связи							$P_{П. прд. эф}$ (Вт)								
	РРЛ Стац.	РРЛ Моб.	КВ (УКВ)	ТРЛ Стац.	ТРЛ Моб.	ЛРС ССС Стац.	ЛРС ССС Моб.	Проводн.	Длина волны (м)							
									50 000	5 000	500	50	5	0,5	0,05	0,005
									Частота (МГц)							
0,006	0,06	0,6	6	60	600	6 000	60 000									
$10^{-4}$								1	$10^2$	$10^4$	$10^6$	$10^8$	$10^{10}$	$10^{12}$	$10^{14}$	
$10^{-5}$								0,1	10	$10^3$	$10^5$	$10^7$	$10^9$	$10^{11}$	$10^{13}$	
$10^{-6}$								$10^{-2}$	1	$10^2$	$10^4$	$10^6$	$10^8$	$10^{10}$	$10^{12}$	
$10^{-7}$								$10^{-3}$	0,1	10	$10^3$	$10^5$	$10^7$	$10^9$	$10^{11}$	
$10^{-8}$								$10^{-4}$	$10^{-2}$	1	$10^2$	$10^4$	$10^6$	$10^8$	$10^{10}$	
$10^{-9}$								$10^{-5}$	$10^{-3}$	0,1	10	$10^3$	$10^5$	$10^7$	$10^9$	
$10^{-10}$								$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	1	$10^2$	$10^4$	$10^6$	$10^8$	
$10^{-11}$								$10^{-7}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	0,1	10	$10^3$	$10^5$	$10^7$	
$10^{-12}$								$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	1	$10^2$	$10^4$	$10^6$	
$10^{-13}$								$10^{-9}$	$10^{-7}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	0,1	10	$10^3$	$10^5$	
$10^{-14}$								$10^{-10}$	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	1	$10^2$	$10^4$	
$10^{-15}$								$10^{-11}$	$10^{-9}$	$10^{-7}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	0,1	10	$10^3$	
$10^{-16}$								$10^{-12}$	$10^{-10}$	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	1	$10^2$	
$10^{-17}$								$10^{-13}$	$10^{-11}$	$10^{-9}$	$10^{-7}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	0,1	10	

Полученные расчетные данные, представленные в табл. 2.3, позволяют сделать прогноз в отношении возможных способов подавления наземных сетей связи преднамеренными помехами с передатчиков, размещенных на самолетах РЭБ.

**Тропосферная связь.** Для данного вида связи наиболее вероятна будет постановка заградительных помех (шумовых, частотно- и дискретно-сканирующих) в рамках рабочих диапазонов ныне существующего парка многоканальных ТРС (с полосами частот каналов радиосвязи 0,1–1 МГц). Подтверждением этому служат данные табл. 2.3, из которой следует, что с расстояний прямой видимости  $R_{П} = 100$ –400 км потенциальные энергетические запасы одного из бортовых передатчиков помех самолета РЭБ с эффективной выходной мощностью  $P_{П. прд. эф} = 1$ –10 кВт и с различными значениями коэффициента подавления  $K_{П}$ , изменяемого от 0,1 (тепловые шумы) до  $10^{-3}$  (дискретно-сканирующие помехи), могут составлять значе-

ния  $10^5$ – $10^6$  и более раз. Этого вполне достаточно для организации ТРС заградительных помех одновременно на 100–1000 частотах связи со стороны основных и боковых лепестков диаграммы направленности антенн ТРС ( $10^2 \leq K_{з. ант} \leq 10^3$ ) [17].

Подтверждением этому могут служить расчетные данные, представленные в работе [17], для участка ТРЛ с протяженностью интервала связи  $R_C \approx 150$  км и для линий помех с двумя протяженностями –  $R_{П1} \approx 150$  км и  $R_{П2} \approx 450$  км. Они приведены для двух частотных поддиапазонов (50 и 5 см) с близкими к реальным значениями энергетических потенциалов передатчиков ТРС ( $P_{П. прд. эф} = 55$ – $65$  дБ/Вт). При расчете использовались ограничения, соответствующие воздействию наземного передатчика помех со значением эффективной мощности ( $P_{П. прд. эф} \approx 10^9$  Вт), и эквивалентного по степени воздействия передатчику помех на летательном аппарате ( $P_{П. прд. эф} \approx 1$  Вт). Полученное значение проигрыша в энергетическом потенциале для наземного передатчика помех по сравнению с передатчиком помех на ЛА (в  $10^9$  раз) служит достаточно наглядным подтверждением высокой эффективности постановщиков преднамеренных помех на самолетах РЭБ и их реальной значимости для организации радиоподавления систем связи и управления противника.

**Спутниковая связь.** Как и для линий тропосферной связи, для линий спутниковой связи наиболее вероятна постановка заградительных помех (шумовых, частотно- и дискретно-сканирующих) в рамках рабочих диапазонов станций спутниковой связи. Аналогичные ТРЛ энергетические запасы по мощности передатчиков помех ( $P_{П. прд. эф} \approx 10$  кВт) в отношениях помеха/сигнал  $P_{П. вх}/P_{С. вх} \approx 10^5$ – $10^9$  (что соответствует изменению коэффициента подавления  $K_{П}$  от 0,1 до 1) обеспечивают возможности для постановки заградительных помех земным (морским) станциям спутниковой связи в выделенном частотном диапазоне с расстояний прямой видимости ( $R_{П} \leq 400$  км) [17].

В отличие от тропосферных радиолиний, постановка преднамеренных помех спутниковым линиям возможна и наземными передатчиками помех, воздействующими непосредственно на оборудование связи, размещенное на КА. При этом подразумевается, что КА расположен на геостационарной или на близкой к ней орбите ( $R_C \approx R_{П} \approx 40\,000$  км). Для достижения необходимой эффективности таких передатчиков вполне вероятно применение дискретно-сканирующих помех в сочетании с локационными режимами их работы (импульсными радиосигналами длительностью  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  с [17].

**ДКМВ-линии радиосвязи.** Приведенные в табл. 2.2 расчетные значения  $P_{П. вх}$ ,  $P_{С. вх}$  и их отношений ( $K_{П} \approx 10^{-2}$ – $10^3$ ) для ДКМВ-радиолиний свидетельствуют о возможности постановки в данном частотном диапазоне с самолетов РЭБ широкополосных заградительных (системных) помех. Как и для тропосферной (спутниковой) связи, здесь наиболее вероятными являются шумовые, частотно-сканирующие и дискретно-сканирующие заградительные помехи с возможными значениями  $K_{П}$  от 0,3 (голосовая радиосвязь) до 0,1 (телефонные каналы) [17].

Суммарные энергетические запасы при использовании одного бортового передатчика помех ДКМВ-диапазона с выходной мощностью  $P_{П. прд. эф} \approx 10$  кВт ( $10^4$  Вт), при  $K_{П} \approx 0,3$ – $0,1$  и при создании помех с расстояний прямой видимости  $R_{П} = 100$ – $400$  км (табл. 2.3) составляют:  $(10^2$ – $10^3)/K_{П} \approx 10^3$ – $10^4$ . Это позволяет оценить возможную ширину подавляемых заградительными помехами частотных поддиапазонов [17].

Так, если принять за исходные типовые значения полосы пропускания ДКМВ-линии радиосвязи от  $\Delta f_c \approx 1$  кГц (режим телеграфной связи) до  $\Delta f_c \approx 3$  кГц (режим телефонной связи), то при сетке частот  $\Delta f_1 = 1$  кГц возможная полоса частот заградительных шумовых и дискретно-сканирующих помех составит  $\Delta f_{П} \approx 1$ – $10$  МГц. При длительности импульсов помех  $\Delta t_{П} = \Delta f_1^{-1} \approx 10^{-3}$  с частота их повторения за 1 с на каждой из подавляемых частот составит  $n \approx 0,1$ – $1$ . Этого может оказаться вполне достаточно для подавления практически всех видов связи на основе ДКМВ-радиолиний в зоне их электромагнитной доступности со стороны постановщиков помех [17].

**МВ-линии радиосвязи.** Приведенные в табл. 2.3 данные для МВ-радиолиний (метровые волны) по расчетным значениям  $P_{П. вх}$  и  $P_{С. вх}$  оказываются достаточно близкими к ДКМВ-радиолиниям, хотя и используют более высокие частоты. Так, для передатчика помех на самолете РЭБ с выходной мощностью  $P_{П. прд. эф} \approx 1$ – $10$  кВт и вероятных значений ко-

эфициента подавления  $K_{\Pi} \approx 10^{-2} - 10^{-3}$  существует возможность для постановки с самолета РЭБ широкополосных заградительных помех в рамках всего МВ-диапазона [17].

**Радиорелейная связь.** Существенно более высокие по сравнению с ТРЛ и спутниковыми радиолиниями значения показателей реальной помехозащищенности радиорелейной связи (табл. 2.1, 2.2, 2.3), которые обеспечивают повышенную защищенность данного рода связи от всех видов помех и особенно со стороны боковых и обратных лепестков диаграмм направленности антенн. Как следует из табл. 2.3, РРЛ сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн оказываются энергетически недоступными как для прицельных, так и для заградительных помех с самолетов РЭБ на дальностях воздействия помех более 100–200 км. Что же касается метрового и дециметрового диапазонов волн, где сейчас сосредоточена большая часть существующего парка РРС, то они остаются энергетически доступными для прицельных и заградительных помех в основном со стороны главных и первых боковых лепестков диаграмм направленности антенн. Возможному эффективному применению таких помех способствуют и особенности организации самой радиорелейной связи. Поскольку протяженности отдельных интервалов при развертывании РРЛ обычно не превышают 30–40 км, то в зоне досягаемости самолета РЭБ с радиусом  $R_{\Pi} \approx 200 - 400$  км может оказаться одновременно до 5–10 участков многоинтервальных линий. При этом в сторону постановщика помех может быть одновременно развернуто до 5–10 приемных антенн РРС. При ширине главных лепестков диаграмм направленности антенн  $\alpha \approx 5^{\circ} - 15^{\circ}$  периметры их зон на расстояниях 200–400 км от РРС составят 25–100 км. Это означает, что при барражировании постановщика помех в недоступной зоне для огневых средств поражения противостоящей стороны он постоянно будет находиться в пределах одного или нескольких главных лепестков диаграммы направленности подавляемых радиолиний. Кроме того, дополнительное снижение помехозащищенности РРЛ вполне вероятно и за счет процессов суммирования помех отдельных интервалов многоинтервальных РРЛ.

## 2.5. Особенности подавления спутниковых радионавигационных систем

Задачей подавления тракта приема спутниковых радионавигационных систем (СРНС) является искажение навигационных сигналов, принимаемых потребителями от навигационных КА, входящих в наблюдаемую группировку, по обоим каналам связи. Эти эффекты достигаются за счет [7]:

- значительного увеличения отношения помеха/сигнал;
- существенного повышения веса паразитных составляющих в корреляционном отклике обработанных навигационных сигналов;
- затруднения или полного срыва в течение длительного времени режима захвата и слежения за навигационными сигналами.

В качестве помеховых воздействий могут быть использованы [7]:

- прицельный (по частоте и спектру) шумовой процесс;
- сигнал на рабочей частоте с изменяемой фазой по закону цифровой модулирующей функции – псевдоимитирующий сигнал (однако такая реализация процесса требует знания тактовой частоты в формирователях псевдослучайной последовательности, а также ожидаемых значений доплеровских сдвигов);
- помеховые сигналы, имитирующие навигационные.

Первые два помеховых воздействия требуют повышенных энергетических затрат. Третье помеховое воздействие представляется наиболее эффективным и относительно простым для технической реализации. Реализация имитации осуществляется приемом навигационных сигналов на рабочих несущих частотах, усилении их и ретрансляции на тех же рабочих частотах в сторону бортовой приемной навигационной системы крылатой ракеты, при предварительном обогащении ее рециркуляционными компонентами (заградительная помеха по задержке). Тактика применения помехового воздействия на приемник СРНС крылатой ракеты простая и однозначная: оно должно излучаться равномерно по всем направлениям нижней полусферы [7].

### 3. СИЛЫ И СРЕДСТВА РЭБ БОЕВОЙ АВИАЦИИ ВВС И АВИАЦИИ ВМС США

По целевому назначению и характеру решаемых задач ВВС США подразделяются на стратегические ракетные силы наземного базирования, боевую и вспомогательную авиацию [20].

Боевая авиация включает стратегическую бомбардировочную авиацию (СБА), тактическую и разведывательную [20].

СБА представлена бомбардировщиками В-2А "Спирит", В-52Н "Стратофортресс" и В-1В "Лансер" [20].

Тактическая авиация включает формирования регулярных сил и резервных компонентов, оснащенных тактическими истребителями F-15C и D "Игл", F-15E "СтрайкИгл", F-16 C и D "Файтинг Фалкон", F-22А "Раптор" и F-35А "Лайтнинг-2", штурмовиками А/ОА-10 "Тандерболт", а также самолетами разведки и РЭБ E-8C, MC-12W и EC-130H "Компас Колл" [20].

На вооружении разведывательной авиации находятся стратегические разведывательные самолеты RC-135 "Ривет Джойнт" и U-2S "Дрэгон Леди", БПЛА RQ-4 "Глобал Хок", MQ-1В "Предатор" и MQ-9А "Рипер" [20].

Авиация Военно-морских сил (ВМС) США – это особый род сил флота, который в настоящее время является одним из основных ударных компонентов ВМС общего назначения. Она подразделяется на авиацию флота и морской пехоты (МП), которые имеют регулярные и резервные компоненты. Основу оперативной организации авиации ВМС составляют авианосные авиакрылья (CVW – Carrier Air Wing). Каждое из авиакрыльев закреплено за определенным авианосцем, имеет свой береговой штаб и типовой состав [21].

С одного авианосца на другой авиакрылья передаются, как правило, только в случае постановки корабля на длительный ремонт, связанный с модернизацией и заменой активных зон ядерных реакторов. Они комплектуются авиаэскадрильями из состава авиакрыльев воздушных сил флотов и (иногда) авиации МП [21].

В настоящее время штатное авианосное авиакрыло в ходе несения боевой службы на авианосцах в составе оперативных флотов включает следующие авиаэскадрильи: четыре ишаэ (по 10–12 самолетов F/A-18C "Хорнет", F/A-18E, F/A-18F "Супер Хорнет"), одна аэ РЭБ (четыре–пять самолетов EA-18G "Гроулер"), одна аэ ДРЛО (четыре самолета E-2C "Хокай" или E-2D "Супер Хокай"), одна пльэ (четыре вертолета MH-60R "Страйк Хок") и одна вэбо (шесть MH-60S "Найт Хок") [21].

Самолет РЭБ EA-6B "Проулер" в настоящее время находится на вооружении только авиации МП ВМС США [21].

#### 3.1. Системы и средства РЭБ для индивидуальной защиты самолетов

##### 3.1.1. Авиационные бортовые системы предупреждения об облучении радиолокационными станциями комплексов ПВО

В современных условиях воздушное пространство характеризуется большой насыщенностью электромагнитными сигналами, излучаемыми радиоэлектронными системами различного назначения (включая сигналы ГСН ракет и РЛС системы ПВО). При непрерывном совершенствовании этих средств системы предупреждения об облучении становятся важным звеном в бортовых комплексах всех боевых самолетов. По сложности построения и функционирования эти системы приближаются к бортовой аппаратуре РТР. Основной отличительной особенностью систем предупреждения об облучении является то, что они предназначаются в основном для защиты носителя, на котором они установлены. Это означает, что такие системы должны работать в режиме реального времени. В отличие от систем предупреждения об облучении, системы РТР предназначены для решения более широкого круга задач. Они должны обеспечивать высокую точность измерения основных параметров сигнала.

ла (несущая частота, длительность и частота повторения импульсов и т. д.), излучающих РЭС, а также отслеживать во времени изменения этих параметров [7].

Системы предупреждения об облучении осуществляют обнаружение и идентификацию принимаемых сигналов путем сравнения их с информацией об известных РЭС вероятного противника и вырабатывают сигналы для предупреждения экипажа о наиболее опасных РЭС. При этом практически все самолеты и вертолеты ВВС и авиации ВМС США и других стран НАТО оснащены системами подобного рода [7].

**Система AN/ALR-56M** (рис. 3.1) была разработана фирмой Logal и является наиболее распространенным устройством для обнаружения облучений в ВВС США и ОВС НАТО. Система предназначена для обнаружения сигналов РЛС, работающих в импульсном и непрерывном режимах, а также РЛС с высокой скрытностью работы. Определение типа излучающих средств осуществляется путем сравнения обработанной информации с данными об известных РЭС, хранящихся в запоминающем устройстве. По сравнению со своими аналогами, система имеет на четверть меньшую массу и почти вдвое меньший объем благодаря применению современной технологии функциональных интегральных схем и микропроцессоров. Приемник системы обеспечивает перехват сигналов в диапазоне частот 0,5–18 ГГц [7].



Рис. 3.1. Система предупреждения об облучении AN/ALR-56M

**Система AN/ALR-67** (рис. 3.2) предназначена для предупреждения о радиолокационном облучении и была разработана фирмой Itek для установки на самолетах авиации ВМС США. В состав системы входят: тюнеры, супергетеродинный приемник и быстродействующий цифровой процессор. Составление программы работы для системы проводится перед выполнением боевой задачи. В программу могут быть введены изменения в зависимости от конкретной тактической обстановки. Система AN/ALR-67 взаимодействует с передатчиками помех, системами запуска ракет типа HARM и устройствами выброса дипольных отражателей и ИК-вспышек [7].

**Система AN/ALR-69** (рис. 3.3) использует приемник с быстрым сканированием разработки фирмы Litton. Скорость перестройки у таких приемников в полосе частот 2–18 ГГц составляет 100 кГц за 50 мкс. Система обеспечивает высокую точность измерения частоты. При разработке системы AN/ALR-69 за основу был принят приемник предупреждения о радиолокационном облучении AN/ALR-46, и дополнительно в систему были введены частотно-избирательная приемная подсистема FSRS (Frequency Selective Receiver System) и узкополосный приемник предупреждения о запуске ракет. Подсистема FSRS предназначена для обнаружения и анализа ВЧ-сигналов РЛС управления и наведения ракет, непрерывных сигналов, излучаемых ГСН ракет, работающих в полуавтоматическом режиме [7].



Рис. 3.2. Система предупреждения об облучении AN/ALR-67 V(3)



Рис. 3.3. Система предупреждения об облучении AN/ALR-69

**Система AN/ALR-74** (рис. 3.4) разработана фирмой Litton и является комбинированной системой предупреждения об облучении. В этой системе используется приемник с мгновенным измерением частоты (диапазона 0,5–20 ГГц), работающий параллельно с приемником прямого усиления, и супергетеродинный приемник, обеспечивающий обнаружение непрерывного излучения и импульсных сигналов с высокой частотой повторения, излучаемых доплеровскими РЛС. Приемник с мгновенным измерением частоты определяет частоту каждого импульса. Эти данные затем обобщаются и используются совместно с получаемой от приемника прямого усиления информацией о длительности, частоте повторения импульсов и их амплитуде. Система AN/ALR-74 устанавливается на самолетах ВВС США (таких как F-16 и A-10) и используется в комплексе с бортовой системой индивидуальной защиты ASPJ [7].

Увеличение сложности радиоэлектронных систем приводит к необходимости постоянно совершенствовать аппаратуру РТР и системы предупреждения об облучении. Если раньше для идентификации излучающих средств было достаточно измерить длительность, частоту повторения и амплитуду импульсов, то теперь требуется измерять такие сложные параметры, как фаза и поляризация сигналов [7].

Начиная с середины 70-х гг. прошлого столетия, в США проводились исследования, направленные на создание приемных систем, в которых сочетаются радиотехнические и оптические устройства. Предполагалось, что с помощью таких систем станет возможным решение проблемы анализа и сортировки радиолокационных сигналов в сложной электромагнитной обстановке. Проведенные исследования показали, что приемные устройства на ячейках Брэгга имеют ограниченный динамический диапазон (30–50 дБ). В дальнейшем динамический диапазон был расширен до 60 дБ. Работы в этом направлении продолжаются. Фирмы Harris, Sunders, Westinghouse, отделение Itek фирмы Litton и отделение электронно-оптических систем фирмы Loral разрабатывают акустооптические процессоры для систем РЭБ [7].



Рис. 3.4. Система предупреждения об облучении AN/ALR-74

**Система PTP SCR-2100** представляет собой набор приемников AN/ALR-75 (V) фирмы Scientific Communication. Система предназначена для поиска и анализа сигналов в диапазоне частот от 0,1 до 40 ГГц. Вся аппаратура, за исключением дисплея, выполнена на твердотельных компонентах. Набор тюнеров может меняться в соответствии с решаемой задачей. Процессор обрабатывает на промежуточной частоте сигналы, поступающие с любого из 8 тюнеров, и обеспечивает выдачу данных на панорамный дисплей. Применение анализатора импульсов SCP-2160 позволяет восстанавливать первоначальную последовательность принятых сигналов и осуществлять достаточно точное измерение параметров импульсов. Типичная величина подавления по зеркальному каналу на частотах до 18 ГГц равна 80 дБ. Типичная величина подавления паразитного сигнала на промежуточной частоте равна 100 дБ, минимальная – 80 дБ. В качестве других особенностей этой системы отмечаются цифровое управление, оптимизация процессов поиска и приема, идентификация сигналов путем сравнения с информацией, имеющейся в библиотеке источников, и наличие дисплеев с обновлением информации в цифровой форме [7].

**Система PTP AN/ALQ-78** производства фирмы Loral установлена на самолетах противолодочной авиации P-3C, состоящих на вооружении авиации ВМС США. Система осуществляет обнаружение импульсных радиолокационных излучений в определенных участках частотного диапазона, характерных для противолодочной обороны, а также определение основных характеристик принятых сигналов и направления на источники излучения, размещаемые, в основном, на подводных лодках. В состав этой системы входят: антенна, вращающаяся с высокой скоростью, супергетеродинный приемник с быстрой перестройкой по частоте и управляющий процессор, использующий принятые сигналы для обеспечения пеленгации и сопровождения целей. Измеренные параметры сигналов и данные о направлении на источники излучения передаются в центральный процессор, где производятся их обработка, анализ и регистрация, а также преобразование в цифровую форму, удобную для отображения на экранах многофункциональных дисплеев. Работа системы автоматизирована. Основным режим работы – всенаправленный поиск. После обнаружения и анализа радиолокационных сигналов приемник автоматически начинает работать в режиме пеленгации, осуществляя накопление данных об источниках излучения и определяя их азимуты. Затем система вновь возвращается в режим всенаправленного поиска [7].

Система AN/ALQ-78 прошла несколько модернизаций с целью создания варианта, способного работать в обстановке с высокой плотностью электромагнитных излучений. Система продается и находится на вооружении в ряде западных стран: Австралии, Канаде, Японии и Нидерландах. Стоимость одного комплекта аппаратуры – примерно 170 тыс. долларов США [7].

### 3.1.2. Авиационные бортовые системы РРТР

**Система РТР ES–5000** (США, 1995 г.) имеет диапазон частот 500–40 000 МГц, точность пеленгования источников радиоизлучения 150 м, диапазон измерения длительности импульсов – в пределах 0,1–2,5 мкс.

**Система AN/ALQ–61** (США) имеет диапазон частот 80–18 000 МГц, чувствительность – 190 дБВт/Гц, точность пеленгования источников радиоизлучения – 2° [7].

**Станция WJ–1740** имеет диапазон частот 30–40 000 МГц, чувствительность 179–195 дБВт/Гц, точность измерения пеленга 1–2° [7].

**Система LR–100** (США) имеет диапазон частот 2–18 ГГц, носитель – БПЛА, динамический диапазон 60 дБ, точность измерения частоты 2 МГц, точность пеленга 0,8°, массу 16 кг [7].

**Система РТР FASTHAT** (Fast High Accuracy Tunable – с быстрой установкой частоты), разработанная фирмами Martin Marietta и Information and Communication System (США), предназначена для систем с быстрым преобразованием Фурье (осуществляемых, например, с помощью ячеек Брэгга). Система обеспечивает перехват сигналов в полосе частот от 0,5 до 18 ГГц при ширине мгновенной полосы пропускания 0,5 ГГц и высокой вероятности перехвата. В приемнике используется прецизионный гетеродин с быстрой перестройкой, созданной на основе перестраиваемого варактором генератора и разработанной фирмой Martin Marietta техники синхронизации частоты. При наличии управляющего процессора, который используется в приемнике FASTHAT, можно успешно осуществлять интенсивную радиотехническую разведку во всем диапазоне частот, слежение за обнаруженным сигналом в процессе сканирования по частоте, а также проверку аппаратуры на электромагнитную совместимость и измерение уровня паразитных излучений. Система имеет следующие технические характеристики: коэффициент шума – 18 дБ; скорость перестройки – 100 МГц/мкс; точность настройки –  $\pm 250$  кГц; точность повторной установки частоты –  $\pm 100$  кГц; величина случайной частотной модуляции – 30 кГц; коэффициент передачи преобразователя (вход/выход) – 30 дБ [7].

**Система РТР LR–5200** относится к тактическим системам и выпускается фирмой Litto Atesco (США). Диапазон разведки 2–18 ГГц. Приемник может быть запрограммирован на работу в двух режимах [7]:

1. Обнаружение, опознавание и определение местоположения;
2. Получение информации только об определенных типах источников излучения в соответствии с приоритетом и степенью их опасности.

С помощью установленной на самолете системы LR–5200 обеспечиваются обнаружение, опознавание и определение местоположения источников, находящихся по обе стороны от направления полета. Перед началом полета система может быть запрограммирована на 10 типов, 40 рабочих уровней приоритета и степени опасности источников излучения путем введения в запоминающее устройство системы данных о несущей частоте, длительности и частоте повторения импульсов, виде модуляции и скорости сканирования. Данные об обнаруженных источниках излучения отображаются на дисплее оператора системы, находящегося на борту самолета, и одновременно передаются на ПУ тактического звена управления, а также записываются в запоминающее устройство. Система LR–5200 имеет следующие технические характеристики: полоса частот приемника в режиме поиска – 400 МГц; в режиме сигнала – 25 МГц; перекрытие по азимуту: в режиме поиска – 360°, в режиме пеленга – 180°; чувствительность системы, обеспечивающей обработку сигнала, – 65 дБ/мВт; отношение сигнал/шум, обеспечивающее обработку сигнала, – 14 дБ; динамический диапазон – 60 дБ; средняя квадратичная погрешность измерения азимута – 5° [7].

В перспективе до 2020 г. ожидается, что средства РТР будут использовать диапазон частот 0,7–160 ГГц для тактических самолетов и 0,25–160 ГГц для стратегических самолетов. Чувствительность приемной части системы может составить до 190 Вт/Гц, динамический диапазон – до 90 дБ, точность пеленга – до 0,02–0,05°, число каналов – более 100, число

РЭС, параметры которых хранятся в запоминающем устройстве, может составить несколько тысяч. Масса таких систем может быть порядка 20–30 кг [7].

К этому же сроку ожидается, что системы радиоразведки будут использовать диапазон частот от 0,03 МГц до 100 ГГц, иметь чувствительность – 150–180 дБВт/Гц, избирательность – 90–95 дБ, точность пеленга – 0,1–0,5°, точность определения координат на дальности до 300 км – 10–20 м [7].

### ***3.1.3. Бортовые средства и комплексы РЭБ для индивидуальной защиты авиации от систем ПВО***

По мере разработки сверхмощных процессоров высокой производительности стало возможным в программе ASPJ частично, а в программе INEWS полностью реализовать объединение всех подсистем РЭО современного тактического истребителя на новом функциональном уровне. На основе корреляционной обработки данных, поступающих от различных РЛС обнаружения, а также от аппаратуры связи, навигации и опознавания, производится оценка тактической обстановки, и пилоту выдаются необходимые рекомендации на задействование средств РЭП или совершение необходимых маневров самолета. При этом задействование средств РЭП возможно в автоматическом режиме [7].

Рассмотрим более подробно отдельные системы и комплексы индивидуальной защиты самолетов и вертолетов. При рассмотрении необходимо обратить внимание, что в настоящее время в США данное направление активно развивается. В результате создаются комплексы РЭБ как для современных самолетов (комплекс INEWS для F–22), так и комплексы для уже давно эксплуатируемых самолетов. Примером такого комплекса может служить комплекс индивидуальной защиты IDECM, первоначально разработанный для палубных истребителей-штурмовиков F/A–18E/F ВМС США, а также комплекс AN/ALQ–211 SIRFC – для вертолетов сухопутных войск США. В целом оснащение самолетов тактической авиации станциями РЭП нового поколения позволяет с высокой эффективностью обеспечить индивидуальную защиту существующего парка самолетов (F–15, F–16, A–10, F–22, F–35 и др.) [22, 23].

Основными станциями для обеспечения индивидуальной защиты самолетов ВВС и ВМС США считаются [7]:

- AN/ALQ–119 (рис. 3.5);
- AN/ALQ–135 (рис. 3.6);
- AN/ALQ–184 (рис. 3.7);
- AN/ALQ–165 (рис. 3.8);
- AN/ALR–94.



Рис. 3.5. Станция индивидуальной защиты AN/ALQ–119



Рис. 3.6. Станция индивидуальной защиты AN/ALQ-135



Рис. 3.7. Станция индивидуальной защиты AN/ALQ-184



Рис. 3.8. Станция индивидуальной защиты AN/ALQ-165

### *Авиационные передатчики помех одноразового использования*

Передатчики помех одноразового использования (ПОИ) изготавливаются на основе монолитных интегральных схем СВЧ-диапазона. Передатчики помех в виде переизлучателей или ответчики с микропроцессорным управлением могут размещаться в аэродинамическом корпусе стандартного пиропатрона, используемого авиационным автоматом выброса дипольных противорадиолокационных отражателей и ИК-ловушек. Основное их назначение заключается в создании уводящих ответных помех приближающимся к самолету головкам самонаведения управляемых ракет класса "воздух – воздух" и "земля – воздух". В долгосрочном плане в США проводятся поисковые разработки по созданию многоспектральных ПОИ. Необходимость в устройствах, которые могли бы работать в нескольких участках частотного спектра, связана с появлением комбинированных радиолокационных головок самонаведения для управляемых ракет, например сантиметрового и миллиметрового диапазона волн. Такие устройства могут быть созданы на базе развивающейся технологии массового производства дешевых монолитных сверхвысокочастотных (МСВЧ) интегральных схем, являющихся базовыми электронными компонентами ПОИ [7].

### *Комплекс РЭБ индивидуальной защиты AN/AAQ-24(V)13 LAIRCM*

Комплекс РЭБ индивидуальной защиты AN/AAQ-24(V)13 LAIRCM (рис. 3.9) устанавливается на самолетах и тяжелых вертолетах и предназначен для оптоэлектронного подавления управляемых ракет с тепловой головкой самонаведения. Принцип его функционирования заключается в следующем: при обнаружении факта пуска ракеты он определяет степень ее угрозы и осуществляет ее оптико-электронное подавление. В состав комплекса LAIRCM входят 4 станции: предупреждения об облучении УФ-диапазона; сопровождения управляемой ракеты; оптико-электронного подавления и управления; устройства для обнаружения, сопровождения и постановки помех управляемой ракете с ИК ГСН. Количество поворотных турелей с оптоэлектронным оборудованием зависит от габаритных размеров и предназначения ЛА [24].

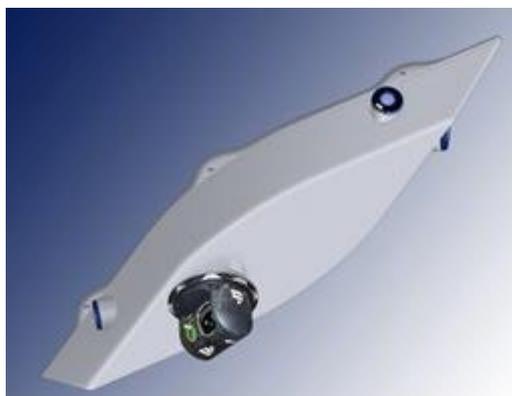


Рис. 3.9. Комплекс РЭБ индивидуальной защиты AN/AAQ-24(V)13 LAIRCM

Предполагается оснастить этими комплексами транспортные самолеты С-17А, С-130, С-5М, С-37, С-130J, новый легкий транспортный и транспортно-заправочный самолеты, вертолеты морской пехоты СН-53D и Е, СН-46Е (156 машин были оснащены в 2013 г.), MV-22 (390 единиц до 2030 г.). Комплексом РЭБ LAIRCM уже оборудованы самолеты E-3 AWACS [24].

### *Система индивидуальной защиты TEWS*

Система индивидуальной защиты TEWS в настоящее время установлена на тактических истребителях F-15. Система TEWS имеет модульную структуру и включает в свой со-

став: системы предупреждения об облучении AN/ALR–56С и AN/ALQ–128; станцию РЭП AN/ALQ–135(V); автомат отстрела дипольных отражателей и ложных тепловых целей AN/ALE–45 [23].

Станция РЭП AN/ALQ–135(V) может одновременно и в соответствии с приоритетами целей осуществлять постановку активных помех непрерывным, импульсным и импульсно-доплеровским РЛС. Она способна генерировать шумовые и имитирующие помехи в диапазоне от 2 до 20 ГГц. В состав станции не входит собственное приемное устройство, сигнал в нее поступает от приемника предупреждения об облучении AN/ALR–56С, а на самолетах F–15E от БРЛС с АФАР AN/APG–82(V)1. Оконечным излучающим устройством станции являются рупорные антенны [23].

### ***Система индивидуальной защиты EPAWSS***

В период с 2020 по 2030 г. планируется замена системы TEWS на EPAWSS. В начале 2016 г. компания BAE Systems была выбрана ВВС США в качестве основного разработчика этой новой системы. Систему EPAWSS планируется устанавливать на самолеты F–15C/D/E [23, 25].

Система EPAWSS будет включать [23, 25]:

- средства предупреждения о радиолокационном облучении и ракетной атаке;
- средства РЭП, ориентированные на противодействие ракетам "воздух – воздух" и "земля – воздух", а также РЛС обнаружения наземного, воздушного и морского базирования;
- расходимые средства противодействия в радио- и оптическом диапазонах длин волн.

Одной из дополнительных возможностей системы EPAWSS предположительно будут определение местоположения источников радиоизлучения и возможность постановки помех в миллиметровом диапазоне длин волн. Отличительной особенностью данной системы, как предполагается, будет наличие устройств запоминания и воспроизведения сигналов. Такие устройства позволяют осуществлять РЭП всех видов когерентных РЛС (импульсно-доплеровских и со сложными сигналами), осуществлять одновременный коррелированный ввод в их сигналы ложной информации о дальности и скорости движения, а также осуществлять постановку правдоподобных имитирующих помех [23].

Общая стоимость программы EPAWSS оценивается в 4 млрд долларов. Система защиты EPAWSS, как ожидается, будет установлена примерно на 412 самолетах F–15C/D/E, стоящих на вооружении ВВС США и ее союзников. Поставки систем EPAWSS должны начаться в 2020 г., а ее эксплуатация на самолетах предполагается на период до 2029 г. [25].

### ***Подвесная контейнерная система РЭП AN/ALQ–131***

Подвесная контейнерная система РЭП AN/ALQ–131 (рис. 3.10) предназначена для оснащения тактических истребителей F–16. В состав системы входят автоматы отстрела дипольных отражателей и ложных тепловых целей AN/ALE–47 и средство предупреждения об облучении AN/ALR–56М. В целях повышения эффективности средств РЭБ на самолетах установлена система управления AN/ALQ–213. Автомат AN/ALE–47 позволяет осуществлять отстрел 30 пиропатронов с ложными тепловыми целями типа MJU–7 или MJU–10, а также снаряженных дипольными отражателями типа RR–170 или RR–180. Масса устройства в комплектации с 4 блоками расходимых средств РЭБ составляет около 30 кг. Приемник средства предупреждения об облучении AN/ALR–56М позволяет обнаруживать непрерывные и импульсные сигналы в диапазоне частот от 0,3 до 20 ГГц. В его состав входят 4 спиральные антенны и 1 штыревая. При обнаружении РЛС, осуществляющих сопровождение самолета, в автоматическом режиме выдается команда на отстрел ложных целей [23].

С 2013 г. приостановлено финансирование программы модернизации системы РЭП AN/ALQ–131, что подразумевает возможное оснащение самолетов другой системой. В качестве альтернативных вариантов оснащения средствами РЭП самолетов F–16 рассматривают-

ся системы постановки помех индивидуальной защиты ЛА AN/ALQ-214 (рис. 3.11), буксируемых ложных целей AN/ALE-50(55), а также ресурсы БРЛС с АФАР [23].



Рис. 3.10. Подвесная контейнерная система РЭП AN/ALQ-131



Рис. 3.11. Система постановки помех индивидуальной защиты ЛА AN/ALQ-214

### ***Интегрированная бортовая система РЭБ IDECM***

Интегрированная бортовая система РЭБ IDECM предназначена для защиты истребителя-штурмовика F/A-18E/F. В состав системы IDECM входят [23]:

- станция предупреждения об облучении AN/ALR-67(V)3;
- система РЭП AN/ALQ-165 или станция активных помех AN/ALQ-214;
- блок ложных целей AN/ALE-50 или AN/ALE-55 FODT (Fiber Optic Decoy Towed), в зависимости от модификации бортовой системы обороны;
- автоматы выброса расходуемых средств РЭП AN/ALE-47.

Известны четыре модификации системы IDECM. Основным их отличием являются различные системы РЭП и блоки ложных целей. В период до 2020 г. в ВМС США будет осуществлена замена модификаций Block 1 и Block 2 на Block 3 [23].

Станция РЭП AN/ALQ-165, которой оснащаются системы IDECM модификации Block 1, предназначена для создания активных помех в диапазоне от 1 до 35 ГГц. В ее состав входят 5 блоков: НЧ- и ВЧ-приемники и передатчики, а также устройство управления. Передающие антенны размещаются в хвостовой и носовой частях фюзеляжа. Эта станция РЭП обеспечивает автоматическое обнаружение и идентификацию сигналов РЛС противника, определение приоритетности их подавления комбинированными шумовыми и импульсными помехами. Выходная мощность в импульсе – 1 кВт, время реакции – от 0,1 до 0,25 с [23].

Принцип действия системы IDECM модификаций Block 3 и Block 4 заключается в следующем: сигнал объекта подавления принимается станцией предупреждения об облучении AN/ALR-67(V)3, и на его основе в станции помех AN/ALQ-214 формируется имитирующий помеховый сигнал, который преобразуется в электронном преобразователе частоты и передается по волоконно-оптической линии связи в буксируемую ложную цель, где сигнал усиливается и излучается. Предусмотрена возможность автоматического отстрела ложных тепловых ловушек при атаке самолета ракетами с ИК ГСН [23].

Серийное производство системы IDECM Block 3 началось в 2011 г. Модификация Block 3 предполагает замену блока ложных целей с AN/ALE-50 на AN/ALE-55, обеспечение взаимодействия его со станциями помех AN/ALQ-214(V)4 и AN/ALR-67(V)3, а также с автоматами выброса расходуемых средств РЭБ AN/ALE-47. При этом к 2018 г. планируется полная замена AN/ALE-50 на AN/ALE-55 [23].

Модификация системы IDECM до Block 4 предполагает значительное изменение элементной базы, входящей в ее состав станции помех AN/ALQ-214, с целью увеличения возможностей по противодействию угрозам и ее функциональное объединение с БРЛС на основе АФАР. В дальнейшем для унификации средств РЭП для самолетов F/A-18E/F и F/A-18C/D предполагается доведение системы IDECM до модификации Block 5. Начало поставок AN/ALQ-214 Block 4 – в 2015 г., а Block 5 – в 2016–2017 гг. [23].

### ***Комплекс РЭБ стратегического бомбардировщика B-52 Stratofortress***

Комплекс РЭБ стратегического бомбардировщика B-52 Stratofortress (рис. 3.12) включает в себя [23]:

- станции предупреждения об облучении: AN/ALR-20, AN/ALR-46, AN/ALQ-153;
- станции активных помех: AN/ALQ-155, AN/ALQ-172, AN/ALQ-122 и AN/ALT-32;
- автоматы выброса расходуемых средств РЭБ AN/ALE-20 (отстрел ложных тепловых целей) и AN/ALE-24 (отстрел дипольных отражателей).

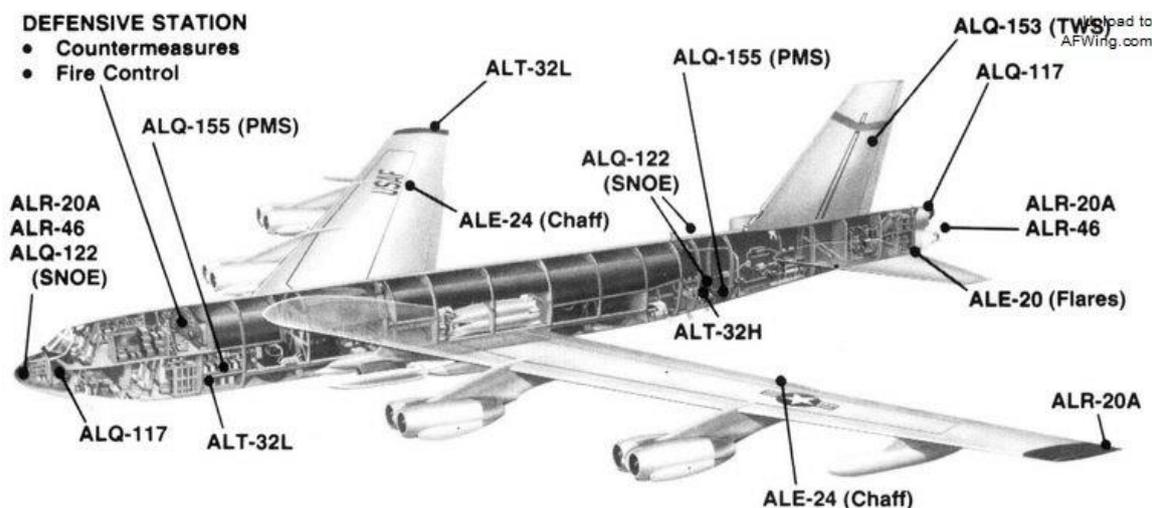


Рис. 3.12. Комплекс РЭБ стратегического бомбардировщика B-52 Stratofortress

Станция предупреждения об облучении AN/ALR-20 является панорамным приемником и предназначена для обнаружения излучения потенциально опасных РЭС, их идентификации, выбора приоритетных для противодействия и индикации угроз в кабине бортового оператора РЭБ [23].

Цифровая станция предупреждения об облучении AN/ALR-46 обеспечивает обнаружение излучений РЛС в полосе частот 2–18 ГГц и одновременную идентификацию до 16 РЭС. Самолет B-52 является одним из немногих самолетов, на которых установлена данная станция. В настоящее время существенная модернизация системы не планируется [23].

Станция активных помех AN/ALQ-155 предназначена для создания активных маскирующих шумовых заградительных по частоте помех РЛС обнаружения и наведения, а также управления огнем. Она обеспечивает постановку помех в пределах 360° в азимутальной плоскости в диапазоне 1–10 ГГц. Модернизированная станция AN/ALQ-155(V)1 включает программное обеспечение и технические решения, позволяющие противодействовать современным угрозам в радиочастотном спектре [23].

Станция активных помех ALQ-172(V)2 обеспечивает обнаружение излучения потенциально опасных РЭС, их идентификацию, выбор приоритетных для противодействия и РЭП. Для обеспечения наиболее полной защиты носителя на самолете В-52 установлено до 3 станций ALQ-172 [23].

В настоящее время в ВВС США ведутся работы по модернизации станций помех, с целью придания больших возможностей по обеспечению ситуационной осведомленности экипажа, в том числе определение местоположения опасных РЭС по их излучению. Кроме того, продолжаются мероприятия по совершенствованию их программного обеспечения (ПО). Так, разработка нового программного пакета для этих станций ожидалась еще в 2015 г. Руководством ВВС США рассматривается замена станций помех AN/ALQ-172 на более новые системы, такие как AN/ALQ-211 или AN/ALQ-214 [23].

Станция активных помех AN/ALQ-122 обеспечивает обнаружение излучения потенциально опасных РЭС, их идентификацию и выбор приоритетных для РЭП, постановку активных имитирующих помех, уводящих по дальности и угловым координатам. Значительная модернизация станции AN/ALQ-122 не намечается [23].

К другим средствам РЭБ, которые могут быть установлены на борту самолетов В-52, можно отнести станцию активных помех средствам радиосвязи AN/ALT-32 [23].

Все системы и средства РЭБ самолета В-52 функционируют независимо и зачастую решают схожие задачи. Так, станции помех ALQ-155 и ALQ-172 работают в различных частотных диапазонах и имеют различные перечни потенциальных угроз, однако решают одинаковые задачи по РЭП РЛС управления оружием зенитных средств и бортовых РЛС истребителей. В связи с этим основным направлением работ по модернизации комплекса РЭБ для обороны самолета В-52 является создание единой интегрированной системы, куда будут входить функциональные подсистемы: исполнительная, информационного обеспечения и управления [23].

### ***Комплекс РЭБ стратегического бомбардировщика В-1В Lancer***

Комплекс РЭБ для защиты стратегического бомбардировщика В-1В Lancer включает в себя [23]:

- интегрированную систему РЭП AN/ALQ-161 (рис. 3.13);
- автоматы отстрела дипольных отражателей и тепловых целей AN/ALE-49;
- буксируемые ложные цели AN/ALE-50 (рис. 3.14).

Система РЭП AN/ALQ-161, разработанная специально для самолета В-1В, состоит из 108 съемных модулей на борту самолета. Она обеспечивает в автоматическом режиме (с возможностью управления оператором) обнаружение излучения потенциально опасных РЭС, их идентификацию, выбор приоритета и наиболее эффективных мер противодействия, их РЭП в пределах 360° в азимутальной плоскости [23].

В настоящее время на самолетах В-1В используется модернизированная версия системы AN/ALQ-161А. В этой системе используются устройства запоминания и воспроизведения сигналов, что позволяет создавать сигналоподобные помехи, а сама система имеет расширенный диапазон частот. В 2015–2016 гг. планировалось обновление ее ПО, благодаря чему должны увеличиться быстродействие и производительность этой системы [23].

Основными направлениями развития систем и средств РЭБ самолета В-1В являются обеспечение эффективного противодействия будущим угрозам, унификация оборудования и

модульность конструкции. Для модернизации системы РЭБ на борту самолета В-1В рассматривается использование средств РЭП AN/ALQ-211 и AN/ALQ-214 [23].



Рис. 3.13. Система РЭП AN/ALQ-161



Рис. 3.14. Буксируемая ложная цель AN/ALE-50

***Интегрированная система РЭБ INEWS для самолетов F-22, выполненных с использованием технологий малой заметности***

Система INEWS предназначена для обеспечения индивидуальной защиты самолетов малой заметности, выполненных по технологии Stealth, от управляемого ракетного оружия и огня зенитной артиллерии за счет постановки активных и пассивных помех радиолокационным и оптоэлектронным средствам системы ПВО противника. В ее состав включены следующие подсистемы [7]:

- приемник диапазона частот 2–40 ГГц;
- доплеровская РЛС обнаружения и предупреждения о пуске управляемых ракет;
- приемники предупреждения о пусках ракет с многоспектральными чувствительными элементами диапазона 2–5 мкм и 6–20 мкм;

- передатчики помех в диапазонах 2–18 ГГц и 20–40 ГГц;
- устройства выброса противорадиолокационных отражателей;
- ИК-ловушки и ПОИ;
- аппаратура обработки и анализа сигналов;
- управляющий процессор.

Кроме этого, в состав комплекса РЭБ INEWS возможно также включение приемника УФ-диапазона [7].

Система РЭБ INEWS интегрирована в единый комплекс бортового РЭО, поэтому обмен данными между ее элементами осуществляется через общесамолетную цифровую мультиплексную шину. Команды, поступающие от самолетной экспертной системы на автоматическое применение средств радио- и оптоэлектронных средств РЭП, выдаются системе INEWS в ходе выполнения боевых задач [7].

Особенностью разработанной системы РЭБ INEWS является то, что она создана для самолета, использующего технологию Stealth (в частности, для самолета F–22) и обладающего уменьшенными сигнатурами в радиочастотном и ИК-диапазонах длин волн. При разработке была решена проблема сокращения общей эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) приемопередающих фазированных антенн системы INEWS за счет создания комбинированных широкодиапазонных фазированных антенных решеток (ФАР) для приемных устройств, передатчиков помех, а также для доплеровской РЛС [7].

Приемопередающие модули выполнены по технологии МСВЧ, которая позволила создать малогабаритные многолучевые комбинированные ФАР, обеспечивающие перехват сигналов РЭС противника в широком диапазоне частот, а в режиме разделения по времени – излучение оптимальных помех одновременно по 10–15 целям. Снижение заметности в радиочастотном диапазоне достигается за счет адаптации сигналов к складывающейся радиоэлектронной обстановке [7].

В системе INEWS применена более совершенная элементная база на основе сверхскоростных интегральных схем, сверхбольших интегральных схем и МСВЧ интегральных схем, а также высокопроизводительных средств обработки данных, что позволило сократить число адаптируемых параметров сигналов до 8 (несущая частота, мощность излучения помехи, поляризация излучаемых сигналов, период повторения и длительность импульсов, ширина спектра, время и интервал излучения). В интегрированной системе INEWS применено цифровое устройство запоминания радиочастот (DRFM), совмещенное в одном модуле формата SEM–E (Standart Electronics Module E–format) с высокопроизводительным процессором и однополосным цифровым модулятором. Основным достоинством DRFM является его способность обрабатывать сигналы непосредственно на несущей и промежуточной частотах. Также DRFM обладает способностью с высокой точностью восстанавливать спектры сигналов от угрожаемых РЭС при одновременном добавлении спектральных составляющих видов помех в сочетании с использованием схем автоматического контроля когерентности синтезированных сигналов. Применение DRFM позволяет значительно повысить эффективность подавления РЭС противника [7].

Для уменьшения уровня собственных излучений самолета F–22 предусмотрен режим использования преимущественно пассивных средств оповещения о пуске управляемых ракет и расходимых средств противодействия: отражающих диполей, ИК-ловушек и ПОИ. В этом режиме возрастает роль экспертной системы самолета, которая совместно с пассивными устройствами оповещения о пусках ракет определяет степень угрозы источников излучения и вырабатывает оптимальное решение об использовании тех или иных средств противодействия. Например, оптоэлектронные приемники обнаруживают запуск управляемых ракет "земля – воздух" или "воздух – воздух" по излучению факела двигательной установки ракеты в ИК-диапазоне [7].

При этом в настоящее время для перспективных оптоэлектронных приемников частично разработаны и продолжают разрабатываться мозаичные многоспектральные ИК- и УФ-пеленга-

торы, отличительными особенностями которых являются широкий мгновенный угол обзора, высокая разрешающая способность, а также малая вероятность ложной тревоги [7].

Интегрирование всего РЭО осуществляется управляющим процессором параллельной архитектуры, разработанной фирмой "Хьюз" на базе стандартных модулей SEM-E, которые являются основными компоновочными элементами подсистемы обработки данных, их анализа и формирования сигнала помех. Эта подсистема представляет собой вычислительную сеть с распределенной архитектурой, динамически изменяемой в зависимости от решаемых задач. Она объединяет функции обработки и анализа сигналов от всех подсистем, что является качественно новым уровнем интеграции элементов системы РЭБ [7].

Производство и опытная эксплуатация системы INEWS были начаты в 2000 г. До 2014 г. ею предполагалось оснастить все запланированные к выпуску тактические самолеты F-22. При этом стоимость разработки системы INEWS оценивается в 1 млрд долл., а стоимость серийного образца комплекса составляет 6 млн долл. Однако такая высокая стоимость, а также высокая стоимость разработки истребителя F-22 Raptor в целом в условиях финансового кризиса привели к сокращению финансирования как программы разработки F-22, так и авионики для него.

В результате по состоянию на 2011 г. комплект средств РЭБ тактического истребителя F-22 Raptor включал [23]:

- станцию предупреждения об облучении AN/ALR-94, которая обеспечивает обнаружение, идентификацию и определение координат, излучающих потенциально опасных РЭС;
- систему предупреждения о ракетной атаке AN/AAR-56, которая позволяет обнаруживать пуски ракет в пределах 360° в азимутальной плоскости, состоит из 6 датчиков, распределенных по бортам самолета, при этом каждый датчик перекрывает сектор в 60°;
- автоматы выброса расходуемых средств РЭБ AN/ALE-52, которые функционируют в автоматическом и управляемом режимах и задействуются при обнаружении факта пуска ракет.

При этом, несмотря на сворачивание программы закупок и модернизации самолетов F-22 в 2011 г., предполагалось, что технические наработки по проекту INEWS будут использованы в процессе модернизации других бортовых авиационных средств РЭБ, находящихся на вооружении, а также при разработке новых систем для оснащения перспективных самолетов и вертолетов [7].

### ***Комплекс РЭП AN/ASQ-239 Barracuda для самолета F-35 Lightning II***

В состав бортового радиоэлектронного комплекса (РЭК) тактического истребителя F-35 Lightning II входит комплекс РЭП AN/ASQ-239 Barracuda. Этот комплекс РЭП является модернизированной версией комплекса РЭБ INEWS тактического истребителя F-22A. Комплекс AN/ASQ-239 Barracuda отличается высокой степенью интеграции с другими элементами БРЭО самолета и прежде всего – с его вычислительным комплексом. Это позволяет осуществлять накопление и обработку данных, которые поступают от различных средств информационного обеспечения, находящихся на борту самолета, а также за его пределами. Это дает возможность выдавать летчику сведения о боевой обстановке с высокой степенью детализации. При этом предполагается, что для постановки помех, прицельных по частоте и угловым координатам, будет использоваться антенная система самолета [23].

Станции предупреждения об облучении для самолета F-35 разрабатываются на основе станции AN/ALR-94 самолета F-22. Кроме того, в состав средств информационного обеспечения будет входить устройство AN/AAQ-37, которое посредством шести ИК-датчиков, распределенных по фюзеляжу, будет выдавать информацию о ракетной угрозе. Устройства выброса предполагается оснастить разрабатываемыми пиропатронами MJU-68 и MJU-69 [23].

Комплекс AN/ASQ-239 Barracuda разрабатывается компанией BAЕ Systems. Наиболее интересным аспектом разработки этого комплекса является то, что, судя по официальным релизам компании, в комплексе AN/ASQ-239 Barracuda предполагается реализовать технологию "когнитивной РЭБ" [25].

### ***Комплекс индивидуальной защиты летательных аппаратов в оптическом и инфракрасном диапазонах***

Результаты анализа боевых действий в Ираке и Афганистане внесли существенные изменения во взгляды руководства ВВС США на применение систем и средств РЭБ. В значительной степени это затронуло вопрос о повышении уровня защищенности вертолетов. Так, на боевых вертолетах и вертолетах обеспечения становится стандартом использование интегрированной системы индивидуальной защиты, включающей в себя [22]:

- систему предупреждения о радиолокационном и лазерном облучении;
- систему предупреждения о пуске ракет;
- системы выброса расходуемых ложных целей радиолокационного и инфракрасного диапазонов;
- станцию помех ИК-диапазона.

Для противодействия угрозам в ИК-диапазоне фирмы США и Великобритании расширили выпуск базовых магний-тефлон-витоновых (MTV) ИК ложных целей, в частности M206 и 118MTV, и перспективных, таких как пирофорные M21L, кинематические M212 и двухдиапазонные M118. Указанные типы ложных целей в ближайшие несколько лет составят основу индивидуальной защиты вертолетов от портативных зенитных систем, использующих наведение на цель по излучению в ИК-диапазоне [22].

Одним из пожеланий экипажей вертолетов является сокращение количества типов ИК ложных целей за счет повышения степени их универсальности. На текущий момент системы предупреждения не обеспечивают должной идентификации угроз, что влечет за собой одновременное использование ложных целей различных типов [22].

В ВВС таких государств, как США, Великобритания, Израиль и ряда других, на вертолетах устанавливаются лазерные средства противодействия в ИК-диапазоне. За последние 20 лет технологии производства таких систем шагнули далеко вперед – от использования импульсных ламп до более эффективных и надежных многодиапазонных источников лазерного излучения. Хотя раньше считалось, что лазерные системы полностью заменят ИК ложные цели и устройства их выброса, однако в настоящее время последние продолжают активно использоваться [22].

Основным фактором, стимулирующим развитие авиационных систем и средств противодействия в ИК-диапазоне, является наличие большого количества оружия с тепловыми системами самонаведения. Так, в прошедших локальных военных конфликтах на долю ракет этого класса приходится до 90 % всех сбитых летательных аппаратов [22].

К современному поколению систем противодействия ВС США в ИК-диапазоне относятся следующие [22]:

- AN/ALQ-212(V) ATIRCM;
- система оптико-электронного противодействия для самолетов тактической авиации TADIRCM;
- единая система предупреждения о ракетной атаке AN/AAR-57(V) CMWS.

Также широкое распространение получили системы оптико-электронного противодействия AN/AAQ-24 Nemesis и LAIRCM для больших самолетов.

В перспективе это направление также будет развиваться, и особое внимание будет уделено созданию средств обнаружения и предупреждения об атаках ракет с ИК ГСН, а также созданию помех головкам самонаведения в ИК- и УФ-диапазонах волн. Совершенствование систем оптико-электронного противодействия будет идти по пути использования многодиапазонных лазерных установок, а также миниатюризации аппаратной части комплексов противодействия [7, 22].

#### ***3.1.4. Ложные воздушные цели***

Одними из наиболее эффективных средств РЭБ, которые могут применяться непосредственно в пределах зон поражения зенитных систем противника, являются программируемые автономные ложные воздушные цели (АЛВЦ) со средствами создания активных помех, а также буксируемые ложные цели (ЛЦ) [22, 26].

### *Автономные ложные воздушные цели*

Планирующие и имеющие силовую установку АЛВЦ кроме решения задачи отвлечения на себя сил ПВО противника предназначены для постановки различного вида помех: радиолокационных, ИК и комплексных. Для этого они могут оснащаться аппаратурой РЭП, линзами Люнеберга и устройствами отстрела дипольных отражателей и ложных тепловых целей [27].

В целях повышения выживаемости боевых самолетов при выполнении ими боевых задач по прорыву системы ПВО противника путем имитации эффективной площади рассеивания (ЭПР), типовых профилей полета, маневров реальных самолетов, а также для вскрытия системы ПВО противника в США с 1995 г. управлением DARPA и фирмой Teledyne Ryan под руководством BBC ведется разработка миниатюрной, относительно дешевой АЛВЦ ADM-160B MALD (Miniature Air-Launched Decoy) [27].

АЛВЦ типа MALD представляет собой небольшую ракету, отображение которой на экране РЛС аналогично отметке атакующего самолета, что позволяет отвлечь РЛС на сопровождение АЛВЦ и дополнительно вскрыть точное местоположение этой РЛС и ее рабочие параметры [28].

Исходя из этого, основными задачами, возлагаемыми на АЛВЦ MALD в интересах подавления ПВО противника, являются [28]:

- физическое уничтожение цели – использование в качестве противорадиолокационной ракеты;
- ложная атака – использование некоторого количества АЛВЦ MALD для имитации атаки, отвлекая системы и средства ПВО от реальных самолетов, атакующих с другого направления;
- забивание приемных трактов средств обнаружения ПВО ложными целями – задача, аналогичная ложной атаке, целью которой является временная парализация работы систем и средств ПВО.

Предполагается использовать АЛВЦ ADM-160 MALD (рис. 3.15) с самолетов типа В-1В, В-2А, В-52Н, F-15, F-16, F-35 и F/A-22, а также с боевых БПЛА. Стратегический бомбардировщик В-52Н на внешних подвесках сможет нести до 16 таких АЛВЦ, а истребитель F-16 – до 4 АЛВЦ [22].



Рис. 3.15. Автономная ложная воздушная цель ADM-160 MALD

Аналогом АЛВЦ ADM-160 MALD является ITALD (ADM-14/C, рис. 3.16), разрабатываемая совместно американской фирмой Northrop Grumman Corporation и израильской IMI для авиации ВМС США. Она предназначена для формирования сигналов, идентичных сигналам защищаемой платформы. АЛВЦ ITALD является модернизированной версией, использовавшейся в Ираке АЛВЦ TALD (ADM-141). В программу АЛВЦ закладывается траектория полета, а навигационное обеспечение осуществляется посредством системы глобального позиционирования, инерционной системы и радиолокационного высотомера. Принцип использования – "выстрелил и забыл". Состав оборудования РЭП в АЛВЦ может меняться в зависимости от решаемых задач. Возможно применение системы оптико-

электронного подавления. Рассматривается вопрос об установке АЛВЦ ITALD в ВВС Великобритании на штурмовиках GR-7/9 Harrier и в ВВС Австралии на истребителях F-18 Hornet. Основными направлениями дальнейшей модернизации АЛВЦ ITALD являются: повышение маневренности, дальности полета и эффективности мероприятий РЭП. Исследуется возможность использования уменьшенной модели этой АЛВЦ на БПЛА [22].



Рис. 3.16. Автономная ложная воздушная цель ITALD (ADM-14/C)

В 2006 г. фирма Raytheon начала разработку еще одного варианта АЛВЦ – постановщика помех ADM-160C MALD-J (Jammer, рис. 3.17). Она в дополнение к стандартной комплектации будет оснащаться модулями передачи помех и имитации электромагнитной сигнатуры самолета, с которого она запускается, а также линией передачи данных для дистанционного управления АЛВЦ и изменения ее заданий в полете. В марте 2008 г. командование ВВС США заключило контракт стоимостью 80 млн долларов с Raytheon сроком на 2 года на реализацию второго этапа разработки АЛВЦ MALD-J Block 2 [25, 27]. Летом 2015 г. компания Raytheon заключила контракт стоимостью 118,5 млн долларов на поставку в ВВС США разработанных АЛВЦ ADM-160C MALD-J [25].



Рис. 3.17. Автономная ложная воздушная цель ADM-160C MALD-J

АЛВЦ MALD/MALD-J применяются автономно в пределах зон поражения средств ПВО. Программируемые АЛВЦ MALD и MALD-J предназначены для групповой защиты

летательных аппаратов и автономно управляемого оружия класса "воздух – земля" от средств ПВО путем имитации их ЭПР и параметров полета, отвлечения части сил и вскрытия позиций средств ПВО. Они применяются в воздушном пространстве противника в пределах зон поражения зенитных средств. АЛВЦ MALD–J оснащена станцией ответных помех и имеет возможности по радиоэлектронному подавлению РЛС обнаружения, наведения и целеуказания, а также РЛС управления огнем зенитных средств. Предположительно создаваемые помехи – многократные ответные, уводящие по скорости и дальности. Вследствие малой мощности бортовых передатчиков генерация маскирующих помех малоэффективна. Полезная нагрузка АЛВЦ MALD–J составляет до 13 кг при общей массе 136 кг. Максимальная дальность полета не превышает 900 км [27, 29].

В ВВС носителями АЛВЦ MALD–J являются самолеты F–16C/D, который может нести 4 АЛВЦ, и B–52, который может нести до 16 АЛВЦ. Также рассматривается возможность применения таких целей с борта самолета C–130. ВМС планируют снаряжать MALD–J самолеты F/A–18E/F, EA–18G. На самолетах тактической и стратегической авиации они устанавливаются на внешних подвесках. Применять АЛВЦ с борта C–130 планируется путем их сброса из специального контейнера MCALS (MALD Cargo Air Launched System), перевозимого внутри грузового отсека, через открытую рампу. Одновременно может быть произведен сброс до 100 АЛВЦ [25, 27, 29].

Полет MALD–J осуществляется по заранее программируемым траекториям с коррекцией по данным КРНС NAVSTAR. Одновременно можно запрограммировать до восьми маршрутов, и в каждом задать до 100 промежуточных пунктов маршрута. Пилот перед сбросом АЛВЦ имеет возможность выбрать один из запрограммированных маршрутов. Однако возможность управления ими после их сброса отсутствует [27, 29].

Основными направлениями модернизации АЛВЦ MALD–J являются [27, 29]:

- повышение эффективности средств РЭП путем увеличения мощности передатчика помех и улучшения чувствительности приемной аппаратуры;
- повышение помехозащищенности приемного канала бортовой аппаратуры КРНС NAVSTAR.

### ***Буксируемые воздушные цели***

Комплексы буксируемых ЛЦ в ближайшие 10–15 лет будут продолжать активно разрабатываться в таких государствах, как США, Германия, Великобритания, Швеция. Мощность сигналов, излучаемых этими целями, может превышать 4 кВт. Одним из факторов, ограничивающих темпы распространения комплексов буксируемых ЛЦ на мировом рынке вооружений, является отсутствие единого стандарта для них. Например, ЛЦ "Ариэль" (Великобритания) и AN/ALE–55 (США) имеют разные массогабаритные параметры, что не позволяет размещать их на одной пусковой установке [22].

Буксируемые с помощью волоконно-оптического кабеля радиолокационные ЛЦ "Ариэль" являются основным средством защиты европейского истребителя EF2000 от моноимпульсных РЛС сопровождения. Используемые ЛЦ не просто обеспечивают повтор принимаемых сигналов. С помощью систем и средств радиоэлектронного обеспечения истребителя угроза обнаруживается, определяется ее местоположение, производится идентификация, и на борту самолета генерируется сигнал подавления. Далее он преобразуется в модулированный лазерный импульс и по кабелю длиной 100 м передается на ЛЦ, оборудованную передатчиком. Мощность излучаемого ЛЦ сигнала регулируется в зависимости от мощности сигнала РЛС и эффективной площади рассеяния самолета, которые изменяются в зависимости от ракурса. Те РЛС, где используется метод сопровождения в процессе сканирования, не способны отличить ложную цель от реальной [22].

Дальнейшее развитие буксируемых с помощью волоконно-оптического кабеля активных ЛЦ связано с реализацией в них возможности переключения диаграммы направленности излучений, коррелированной постановки помех с самолета и буксируемой им ЛЦ [22].

### 3.1.5. Противорадиолокационные ракеты

Помимо средств постановки помех, к средствам РЭБ индивидуальной защиты самолетов можно отнести противорадиолокационные ракеты, являющиеся разновидностью самонаводящегося на радиоизлучение оружия. Основным преимуществом этих управляемых ракет с пассивными головками самонаведения по сравнению со средствами активных и пассивных помех является то, что они уничтожают или значительно повреждают угрожающие РЭС. Эти ракеты широко применялись и во время войн в Персидском заливе. Ими оснащают такие самолеты как F-16 Fighting Falcon и F/A-18 Hornet. Последние их модификации устанавливаются и на БПЛА. Кратко рассмотрим характеристики наиболее известных из них.

AN/AGM-45 Shrike – противорадиолокационная ракета, стоящая на вооружении ВМС США. Ракета также находится на вооружении ВВС Израиля [7]. Принята на вооружение в 1965 г. Имеет дальность действия порядка 40 км [30].

AN/AGM-78 Standart ARM (Anti-Radar Missile) – противорадиолокационная ракета, стоящая на вооружении ВВС США. Находится на вооружении морской авиации самолетов A-6B/E, а также используется ВМС США в качестве оружия класса "корабль – корабль" [7]. Принята на вооружение в 1968 г. Имеет дальность действия порядка 90 км [30].

Наиболее известной по результатам применения в локальных конфликтах является ракета AN/AGM-88 HARM. Эта ракета была принята на вооружение ВВС и ВМС США в 1983 г. и уже через 3 года использовались во время операции против Ливии [7].

AN/AGM-88 HARM (High-speed Anti-Radar Missile, рис. 3.18) – высокоскоростная противорадиолокационная ракета, используемая в ВВС и ВМС США. Разрабатывалась как замена ракетам AN/AGM-45 Shrike и способна наводиться на высокочастотные РЛС с непрерывным излучением. Ракета менее уязвима к традиционным видам помех и к помехе типа выключения РЛС при обнаружении запуска ракеты. Ракета HARM вычисляет местоположение цели и способна ее поразить, даже если РЛС была выключена. Дальность действия – 150 км. Ракета может совершать быстрые развороты на расстоянии 5–8 км от цели и оснащена широкодиапазонным приемником с высокой чувствительностью [7].



Рис. 3.18. Противорадиолокационная ракета AN/AGM-88 HARM

После принятия на вооружение ведется активная доработка этих противолокационных ракет. В результате было создано несколько их вариантов.

К ракете AN/AGM-88A Block-II была добавлена радиолокационная ГСН, которая могла программироваться для наведения на новые радиолокационные объекты по мере их обнаружения. У ракеты AN/AGM-88B, производившейся с 1987 г., была усовершенствована

вана вычислительная аппаратура и интегрирована радиолокационная ГСН, после чего та получила обозначение AN/AGM-88A Block-II. Модернизация AN/AGM-88B была проведена в 1990 г., после этого ракета получила обозначение AN/AGM-88B Block-III. С 1993 г. стал доступен вариант AN/AGM-88C – у нее был доработан фугасный заряд боевой части, добавлены 12 800 поражающих элементов из вольфрамового сплава для поражения антенны РЛС, а также была усовершенствована система наведения и добавлена функция атаки неплановых целей. Более поздние доработки касались обновления программного обеспечения AN/AGM-88C Block-IV. Были проведены дальнейшие модернизации программного обеспечения, после чего появились варианты AN/AGM-88C Block-V и AN/AGM-88B Block-III [30]. Эти модификации ракеты могут поражать РЛС со сменой рабочих частот [7].

Несмотря на три десятилетия, прошедших с момента первого боевого применения, ракеты семейства AN/AGM-88 не проявляют никаких признаков морального старения. После последней модернизации ракета получила новое обозначение – AN/AGM-88F. В соответствии с этой программой модернизации к существующим возможностям ракет AN/AGM-88C Block-IV добавляется наведение по координатам СРНС NAVSTAR. Добавление системы NAVSTAR позволяет ракете противодействовать так называемой тактике "выключения", когда оператор РЛС, обнаруживший приближающуюся ракету, самонаводящуюся на передачу радиосигналов его станции, останавливает ее работу с целью заставить ракету потерять захваченную цель. Кроме того, новая модификация ракеты может программироваться координатами GPS для обозначения зон, через которые ей не разрешено пролетать, причем эти координаты GPS загружаются в ракету перед пуском. Загрузка этих географических параметров в ракету способствует сокращению сопутствующих потерь [30].

Модернизация AN/AGM-88F выполняется для ВВС США, которые устанавливают AN/AGM-88C Block-IV на борту своих истребителей F-16CJ Viper Weasel SEAD, которые оборудованы системой целеуказания и наведения противорадиолокационных ракет AN/ASQ-213A/R7 HTS.

В результате работ по модернизации ракеты AN/AGM-88C планируется принятие на вооружение в 2017–2020 годах перспективной AN/AGM-88E AARGM (Advanced Anti-Radiation Guided Missile) с комбинированной системой самонаведения (инерциальная, с коррекцией по сигналам КРНС "Навстар", пассивная радиолокационная, активная радиолокационная – миллиметровый диапазон длин волн).

Ожидается, что эта ракета будет способна осуществлять: наведение на цель, в том числе прекратившую работу на излучение, с помощью активной системы самонаведения, функционирующей в миллиметровом диапазоне длин волн на конечном участке траектории полета; учет всех объектов поражения, известных комплексов ПВО, в том числе перспективных; сетевое целеуказание и наведение (ракета может быть запущена по целеуказаниям соседних самолетов боевого порядка). Дальность пуска ПРЛР до 150 км (дальнейшая модернизация AN/AGM-88E ER – Extended Range – до 200 км; принятие на вооружение в 2018–2020 годах).

Оборудование AN/ASQ-213 R7 размещается на самолете и решает задачи обнаружения сигналов вражеских РЛС и управляет наведением AN/AGM-88F. Кроме того, оборудование AN/ASQ-213 R7 добавляет возможность использования авиационных бомб с комплектами высокоточного наведения, такими как комплект Joint Direct Attack Munition для бомб GBU-31/32/35/38/54. В 2010 г. все пилотируемые самолеты, имеющие на вооружении AN/AGM-88F, были оснащены оборудованием AN/ASQ-213 R7 [30].

В 2014 г. начались поставки ракет модификации AN/AGM-88F в ВВС США. Планируется дальнейшая модернизация ракеты AN/AGM-88, которая, по планам ВС США, позволит ракете оставаться на вооружении до 2035 г. [30].

Американские ВМС проводят собственные исследования по повышению эффективности ракет AN/AGM-88B/C, получивших обозначение AN/AGM-88E AARGM (Advanced Anti-Radiation Guided Missile – перспективная управляемая противорадиолокационная ракета). Возглавила эту программу компания Orbital ATK. Эта новая ракета войдет в комплекс

вооружения истребителя итальянских ВВС Tornado-ECR SEAD (в 2016 г. она должна была достичь уровня начальной боевой готовности) и поступит на вооружение американских ВМС. Ракета AN/AGM-88E войдет в состав вооружения палубных истребителей F-18C/D Hornet и F-18E/F Super Hornet и самолета РЭБ EA-18G Growler. Кроме того, эта ракета также предназначена для вооружения истребителей F-16 и F-15. Для варианта AN/AGM-88E взяты существующий двигатель и корпус ракеты AN/AGM-88B/C, но добавлена новая система наведения, а также улучшена система управления. Что касается системы наведения, то в ее состав входит РЛС миллиметрового диапазона, который используется для идентификации и наведения на конечном участке траектории на РЛС, даже если тот выключен. Еще одной мерой борьбы с "выключением" является установка в ракету приемника СРНС дополнительно к радиолокационной ГСН, что позволяет повысить точность и нейтрализовать данную тактику. Обновляемая информация о цели может передаваться с самолета-носителя на ракету AN/AGM-88E посредством встроенного широкополосного приемника Integrated Broadcast System Receiver. Одна из важных особенностей ракеты AN/AGM-88E состоит в том, что она может работать без использования системы целеуказания AN/ASQ-213A/R7 (см. выше), поскольку фактически ракета сама выступает в качестве прицельной системы обнаружения чужих радиосигналов. Производство AN/AGM-88E началось в декабре 2009 г.

Кроме того, ВМС США финансирует проект ракеты с увеличенной дальностью под обозначением AARGM-ER. Разработка этой ракеты началась в 2016 г. и по графику должна завершиться не позднее 2020 г. При этом предполагается, что ракета AARGM-ER будет совместима с внутренними отсеками вооружения истребителя F-35A/B/C Lightning-II.

Также к самонаводящемуся на источник излучения оружию относят крылатые ракеты и управляемые авиабомбы с различными головками самонаведения. Развернутая и подробная информация по этим средствам представлена в работах [7, 14, 31].

## **3.2. Специализированные авиационные комплексы РЭБ ВС США**

### ***3.2.1. Современные тенденции развития и применения специализированных авиационных комплексов РЭБ***

Результаты анализа боевых действий, в последнее время имевших место в Европе и на Ближнем Востоке, показывают, что системы и средства РЭБ воздушного базирования остаются одними из ключевых элементов в достижении превосходства над противником и, как следствие, в обеспечении успеха проводимых информационных операций [26].

Несмотря на то, что США имели господство в воздухе во всех ведущихся ими военных операциях, уже в обозримом будущем это превосходство ставится под сомнение в связи с дальнейшим совершенствованием средств ПВО. Для того чтобы сохранить инициативу, военное руководство США определило ряд ключевых областей развития технологий, включая технологии в области РЭБ, революционные достижения в которых гарантируют завоевание господства в воздухе, для выполнения задач военной авиацией в обозримом будущем [26].

С 2002 г. в США реализуется программа АЕА (Airborne Electronic Attack) по применению авиационных групповых средств РЭБ в рамках единой системы. Программа АЕА предполагает разработку способов применения, оценку эффективности, формирование требований и распределение задач между средствами РЭБ в рамках единой системы их применения. Кроме того, программа АЕА включает в себя исследования и снижение технологических рисков при создании средств РЭБ, разработку и корректировку плана их финансирования [26].

Современные принципы организации РЭБ в ходе проведения крупномасштабных военных операций предполагают не только оснащение системами РЭБ индивидуальной защиты каждого ЛА, но и наличие специализированных самолетов радиоэлектронной борьбы, предназначенных для групповой защиты групп ЛА, а также специализированных систем РЭБ, размещенных на БПЛА [24].

В связи с этим в программе АЕА задействованы:

- специализированные самолеты РЭБ: ЕА–6В, ЕА–18G, ЕС–130Н;
- маневрирующие авиационные ложные воздушные цели MALD и MALD–J;
- ресурсы бортовых РЛС с АФАР на самолетах тактической авиации, привлеченных для решения задач РЭБ;
- БПЛА, оснащенные средствами РЭБ, действующие в зонах поражения средств ПВО.

При этом основными объектами воздействия авиационных средств РЭБ США являются РЭС управления войсками и оружием систем ПВО противника [26].

В рамках программы АЕА рассматривается также возможность применения авиационных средств РЭБ при ведении асимметричных боевых действий. Здесь основными объектами воздействия будут являться мобильные средства связи, передачи данных и АСУ, дистанционно-управляемые радиовзрыватели, РЭС управления оружием мобильных зенитных средств малой дальности и ближнего действия [26].

Для решения задач РЭБ в ходе операций с участием средств воздушно-космического нападения в период до 2025 г. в ВС США рассматриваются два компонента.

1. Основной компонент, образованный пилотируемыми носителями средств РЭБ, действующими в пределах воздушного пространства противника либо за его пределами. Они решают задачи по ведению РТР, РЭП, поражению РЭС самонаводящимся на излучение оружием, боевому управлению авиационными силами и средствами РЭБ.

2. Вспомогательный компонент, включающий в себя беспилотные носители средств РЭБ, действующие в пределах воздушного пространства противника, недоступного для средств РЭБ основного компонента (например, в пределах зон гарантированного поражения), которые решают задачи по имитации средств воздушного нападения, радиотехнической разведки и подавления РЭС противника.

В настоящее время реализуются четыре основных способа применения авиационных групповых средств РЭБ [26].

1. За пределами воздушного пространства, обороняемого противником (как правило, из зон барражирования).

2. В пределах обороняемого противником воздушного пространства без входа в зоны поражения зенитных средств с известным местоположением их позиций ("модифицированное сопровождение" боевых порядков прикрываемых сил).

3. В пределах зон поражения зенитных средств в одном боевом порядке с прикрываемой авиацией ("проникающее сопровождение" боевых порядков прикрываемых сил).

4. В пределах зон поражения средств ПВО ("автономное применение").

При этом интеграция всех сил и средств РЭБ в единое информационно-коммуникационное пространство, как предусмотрено программой АЕА, позволяет управлять ресурсами РЭП, осуществлять оптимальное распределение этих средств по объектам подавления в зависимости от обстановки в реальном масштабе времени [26].

Функциональные задачи, возлагаемые на системы и средства РЭБ воздушного базирования, могут быть конкретизированы и сведены в соответствующие четыре группы.

1. Подавление РЭС противника из района барражирования, вне зоны действия его ПВО (сфера ответственности ВВС).

2. Подавление РЛС противника самолетом РЭБ, следующим совместно с ударной группой, в целях ее групповой защиты (сфера ответственности ВМС).

3. Подавление в целях индивидуальной защиты от ракет классов "земля – воздух" и "воздух – воздух" (собственные программы ВВС и ВМС).

4. Подавление РЛС противника с помощью БПЛА путем применения расходуемых маневрирующих ложных целей или боевых БПЛА, способных помимо нанесения высокоточных ударов по системам управления и РЭС противника проводить самостоятельные "радиоэлектронные атаки" (совместные программы ВВС и ВМС).

Опыт локальных войн конца XX – начала XXI в. показывает, что основными способами применения специализированных самолетов РЭБ авиации США будут являться следующие [9].

1. Радиоэлектронная атака из района базирования самолетами РЭБ типа EA-6B Prowler, EA-18 Growler, EC-130H CompassCall и самолетами стратегической авиации, которые будут находиться вне досягаемости средств ПВО противника. Этот способ используется для подавления РЛС и систем УКВ-радиосвязи, систем дальнего обнаружения, управления ПВО и авиации как для подавления систем воздушно-космической обороны противника (разведки, навигации, радиолокации и связи), так и в целях групповой защиты эшелонов ударной группы авиации при ее полете к объектам удара.

2. Радиоэлектронная атака при сопровождении ударной группы авиации самолетами РЭБ ВМС США EA-6B и EA-18G, которые находятся вне боевого порядка ударной группы и следуют за ней на некотором удалении. Задачи и объекты подавления являются теми же, что и в первом способе. Этот способ постановки помех используется для обеспечения живучести специализированных самолетов РЭБ.

3. Радиоэлектронная атака непосредственно из боевого порядка ударных групп, например, такими самолетами РЭБ, как EA-18G Growler. Этот способ используется для постановки помех РЛС различного назначения, систем УКВ-радиосвязи ВВС, ПВО и ПРО противника, а также в целях групповой и коллективной защиты самолетов ударной группы авиации на маршруте полета к цели.

4. Радиоэлектронная атака при сближении с целью. Этот способ используется для подавления систем управления и наведения истребительной авиации и ПВО противника, как для поражения (подавления) цели, так и для индивидуальной защиты атакующих цель самолетов тактической авиации.

5. Радиоэлектронная атака против систем радиолокации, связи и навигации ВВС и ПВО противника отдельными самолетами стратегической авиации ВВС США при полете к цели. Этот способ используется для подавления систем воздушно-космической обороны противника как для поражения (подавления) цели, так и для обеспечения индивидуальной защиты авиации на маршруте полета и в район нанесения удара по объектам противника.

С конца 1990-х гг. единственным обладателем специализированного воздушного комплекса РЭБ для подавления несвязных РЭС в ВС США являются ВМС, на вооружении которых более 30 лет стоит самолет РЭБ EA-6B Prowler. В связи с этим он активно используется как в ВМС, так и в ВВС, а также в морской пехоте [28].

Наличие в ВС США только одного типа специализированного воздушного комплекса РЭБ, ориентированного на подавление систем ПВО, связано с выводом из эксплуатации других самолетов РЭБ, ранее стоявших на вооружении в ВВС – F-4G Wild Weasel (в 1996 г.) и EF-111 Raven (в 1998 г.) [28].

Одной из причин снятия их с вооружения были экономические соображения, а также уверенность, что созданные по технологии Stealth ("Стелс") самолеты в гораздо меньшей степени нуждаются в поддержке по подавлению РЭС противника. Однако позже это мнение было изменено в связи с постоянным совершенствованием систем и средств ПВО возможного противника. Технология Stealth действительно позволяет снизить заметность самолетов, сокращая тем самым радиус действия вражеских систем и средств обнаружения. Таким образом, образуются коридоры, по которым самолеты Stealth могут достичь цели. Но, с другой стороны, противник способен просчитать возможные маршруты и использовать дополнительные комплексы и системы ПВО. Кроме того, планы ВВС США по укомплектованию к концу текущего десятилетия своего парка преимущественно самолетами Stealth не выдерживаются, что актуализирует развитие систем и средств РЭБ групповой защиты от ПВО [28].

В 2001 г. ВМС США совместно с ВВС приняли решение о снятии с вооружения в период 2009–2012 гг. самолета EA-6B Prowler, что вызвало необходимость в поиске адекватной замены. На рубеже 2004–2005 гг. ВВС и ВМС начали разработку новых систем, способных решать в полном объеме все возложенные на самолеты РЭБ задачи [28].

Такой совместный подход к разработке ставит ВВС и ВМС США в зависимость друг от друга. В процессе изучения вопросов, связанных с разработкой новых самолетов РЭБ, ВВС и ВМС сместили акцент с выбора конкретных систем на формирование требований к ожидаемым результатам их использования. При этом главной задачей становится создание взаимно дополняющих средств, удовлетворяющих потребностям не одного, а сразу нескольких видов ВС и ориентированных на взаимодействие в составе единой многофункциональной сети. Такая сетевая организация воздушных компонентов РЭБ позволит обеспечить перекрытие всего спектра возлагаемых на них задач, и в отдельных случаях допускает дублирование функций в целях гарантированного достижения целей применения [28].

Американскими специалистами считается, что даже обычные боевые самолеты, истребители F/A-22 Raptor, оборудованные РЛС с АФАР типа AN/APG-77(V), истребители F-35A с AN/APG-81(V) смогли бы также вносить свой вклад в подавление РЭС противника на соответствующих частотах. При этом общее руководство ими может осуществляться с борта разрабатываемого самолета E-10A – связующего звена между наземным центром управления тактического звена и воздушными платформами [28].

В перспективе на период до 2030 г. задачи по обеспечению групповой защиты авиационных порядков от ПВО при нанесении ими ударов будут возложены на самолеты EA-18G Growler, EA-6B Prowler, а после 2024 г. – на самолет РЭБ, разрабатываемый на базе F-35B [24].

С первой половины 1980-х гг. по настоящее время самолет EC-130H CompassCall остается единственной воздушной платформой в ВВС США, выполняющей преимущественно задачи подавления систем связи противника из зоны барражирования за пределами досягаемости средств ПВО. В настоящее время предполагается переоборудовать эти самолеты для решения задач, возникающих в ходе боевых действий против иррегулярных формирований, а также оснастить EC-130H CompassCall новым комплексом подавления УКВ-радиосвязи SPEAR. Программой модернизации самолетов EC-130H предусмотрено, что работы по их замене будут завершены к 2018 г. [22, 28].

По планам командования ВВС США, всего планируется иметь на вооружении 12–15 модернизированных самолетов EC-130H CompassCall, которые могут эксплуатироваться еще не менее 10–15 лет. Предполагается, что эти самолеты будут находиться на вооружении до 2025 г. При этом часть задач по радиоэлектронному подавлению сетей радиосвязи и радиолиний управления систем ПВО планируется возложить на EA-18G Growler за счет оборудования его станцией активных помех AN/ALQ-227. При этом данные задачи, наряду с задачами групповой защиты от ПВО, EA-18G Growler будет решать, находясь в боевых порядках авиации [22].

### ***3.2.2. Специализированные авиационные комплексы РЭБ***

Рассмотрим более подробно характеристики и боевое применение основных специализированных самолетов РЭБ, стоявших и стоящих на вооружении ВВС и ВМС США.

#### ***Самолет EF-111A Raven***

Самолет РЭБ EF-111A Raven был создан в конце 1970-х гг. на базе истребителя F-111 для ВВС США. Эти самолеты РЭБ обеспечивали выполнение следующих задач:

- сопровождение групп тактических истребителей при нанесении ими ударов за линией фронта с подавлением всех РЛС вдоль маршрута полета;
- создание помех РЛС раннего предупреждения и обзорным РЛС большой дальности действия из безопасных зон, барражирование в которых обеспечивается без дозаправки в воздухе в течение 4,5 ч;

– подавление войсковой ПВО противника вблизи линии боевого соприкосновения при непосредственной поддержке сухопутных войск.

Объектами их радиоэлектронного подавления являлись также бортовые РЛС и средства наведения истребителей. Максимальная дальность подавления – 230 км [2].

Работы над самолетом EF-111A Raven начались в 1972 г., а первые два опытных образца поднялись в воздух спустя 5 лет. За основу самолета компания General Dynamics взяла истребитель F-111A. Самолет EF-111A был предназначен для операций вторжения на территорию противника и для сопровождения ударных самолетов. Основу БРЭО самолета EF-111A Raven составляла система постановки помех AN/ALQ-99, на 70 % аналогичная той, которая устанавливается на самолетах EA-6B Prowler. Кроме нее EF-111A Raven был оснащен широким набором и других средств РЭБ.

Система групповой защиты самолетов AN/ALQ-99 устанавливалась на самолете РЭБ EF-111A и предназначена для подавления [7]:

- РЛС обнаружения, наведения и целеуказания;
- РЛС сопровождения воздушных целей и наведения ракет ЗРК;
- РЛС самолетов дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО), линий связи и управления.

В состав системы групповой защиты AN/ALQ-99 входят [7]:

- приемник предупреждения об опасности и наведении управляемых ракет – AN/ALR-62 (диапазон рабочих частот 60–18 000 МГц);
- ИК-приемник – AN/AAR-113;
- станция РЭБ индивидуальной защиты AN/ALQ-137;
- устройства для выброса противорадиолокационных отражателей и ИК-ловушек – (диапазон частот 2,5–10,0 ГГц и длин волн 2–3 и 3–5 мкм);
- система РЭБ групповой защиты самолетов тактической авиации.

Система AN/ALQ-99E прошла два этапа модернизации. После завершения работ по модернизации максимальная дальность подавления источников радиоизлучения составляет 500 км, а практическая – 250 км. Число одновременно подавляемых РЛС – 10–16.

Самолеты EF-111A, оборудованные системой групповой защиты на основе AN/ALQ-99E, принимали участие в обеспечении боевых действий в зоне Персидского залива, показав высокую эффективность подавления РЛС системы ПВО Ирака [7].

Самолет EF-111A отличался высоким уровнем автоматизации – всеми его подсистемами при необходимости может управлять один оператор. Оборудование постановки активных помех частично размещается в отсеке фюзеляжа, который на исходном самолете отводился под вооружение. Самолет EF-111A не имел обычного вооружения, но обладал достаточно высокой скоростью полета, что позволяло ему уходить от истребителей противника и держаться под защитой своих порядков.

В 1998 г. самолеты EF-111A были сняты с вооружения ВВС США.

### ***Самолет EA-6B Prowler***

Палубный самолет ВМС США EA-6B Prowler (рис. 3.19) – ранее базировался на многоцелевых авианосцах (до 4 на каждом), предназначен для ведения радиоэлектронной борьбы и разведки, решения задач РЭП и огневого поражения корабельных и наземных РЛС, а также срыва работы сетей радиосвязи систем ПВО противника. При выполнении задач прикрытия корабельных группировок, авиационных ударных групп он обеспечивает эффективную постановку помех РЭС противника на дальности до 250 км. При этом эффективная дальность подавления с высоты 9 км достигает 400 км. Кроме того, он обеспечивает и подавление каналов радиосвязи управления истребителями противника. Самолеты EA-6B Prowler в основном действуют над морем без захода в зону ПВО противника [2, 27].

Прототипом при создании EA-6B Prowler послужил палубный штурмовик A-6 Intruder. При создании машины была увеличена длина фюзеляжа, за счет чего был увеличен

экипаж. Также при создании самолета использовался опыт эксплуатации аналогичных по задачам самолетов EA-6A. Первый полет самолета состоялся 25 мая 1968 г., а уже в 1971 г. самолет поступил на вооружение ВМС США. Экипаж машины состоит из четырех человек – пилота и троих офицеров-операторов систем РЭБ. Когда EA-6B Prowler был принят на вооружение, на нем установили тактическую систему постановки помех, способную подавлять сигналы сразу пяти РЛС. Первые 23 самолета EA-6B имели стандартное оборудование в виде станций РЭП AN/ALQ-92 и AN/ALQ-99.



Рис. 3.19. Палубный самолет РЭБ EA-6B Prowler

В 1973 г. было выпущено 25 машин EA-6B Prowler с измененной по программе EXCAP конструкцией фюзеляжа и новой тактической системой постановки помех AN/ALQ-99A. В 1976 г. 45 новых и 17 ранее изготовленных самолетов оснастили средствами индивидуальной защиты AN/ALQ-126 для подавления средств управления оружием и системой поражения противника. Оставшиеся 55 самолетов EA-6B Prowler вновь модернизировали, установив на них системы постановки помех, способные идентифицировать и отслеживать цели. Эти самолеты EA-6B Prowler были особенно эффективны в комплексе с управляемыми ракетами AN/AGM-88A, которыми они также оснащались.

В конце 1980-х самолеты Prowler варианта EA-6B были снова модернизированы по программе ADVCAP. Модернизация велась по следующим направлениям:

- была установлена новая станция постановки помех AN/ALE-39, системы пассивного слежения и подавления сигналов;
- была проведена модернизация авионики, что привело к оснащению машин EA-6B новыми индикаторами на жидких кристаллах, более мощной РЛС, цифровым автопилотом и системой связи AN/ALQ-19.

Кроме того, было проведено улучшение летных характеристик самолета EA-6B в ходе реализации программы VEP (программа технической модернизации). На усовершенствованных EA-6B была усилена конструкция фюзеляжа, установлены новые закрылки, аэродинамические тормоза и др.

Для продления срока службы самолета EA-6B реализуется программа ICAP III, целью которой является совершенствование систем и средств вскрытия боевой обстановки. При этом отмечается, что, помимо подавления РЛС систем управления оружием противника, все большее значение в перечне решаемых самолетом EA-6B задач придается подавлению связных РЭС, а также вопросам обеспечения безопасности прибрежных районов путем подавления корабельных навигационных РЭС [24].

Одним из основных РЭС, разработанных и устанавливаемых на EA-6B в рамках программы ICAP III, является цифровой приемник радиолокационных сигналов AN/ALQ-218 с диапазоном частот до 20 ГГц, обеспечивающий обнаружение, идентификацию и определение местоположения источника излучений. AN/ALQ-218 – первый приемник, обеспечивающий избирательное подавление РЭС противника станцией постановки помех на конкретных частотах и позволяющий ставить помехи РЛС со скачкообразной перестройкой частоты. Кроме того, он может использоваться для наведения на цель противорадиолокационных ракет типа AN/AGM-88 HARM [24].

В настоящее время ВМС США проходят перевооружение, в рамках которого самолеты EA-6B Prowler заменяются за EA-18 Growler. Самолеты EA-6B Prowler планируются к выводу из эксплуатации к 2020 г. [26].

### *Самолет EC-130H CompassCall*

Особая роль в информационных операциях с участием ВВС отводится специализированному постановщику помех системам связи и управления противника EC-130H CompassCall (рис. 3.20), действующему из так называемых "безопасных зон" района базирования, находящихся за пределами зоны поражения ЗРК противника [2, 24].



Рис. 3.20. Самолет РЭБ EC-130H CompassCall

Самолет EC-130H благодаря многочисленной группе операторов и способности пеленговать цели во всех диапазонах волн обеспечивает [2]:

- вскрытие дислокации узлов связи и пунктов управления;
- сбор и анализ содержания радиообмена;
- радиоэлектронное подавление радиоканалов и радиосетей систем управления войсками и оружием.

Самолет EC-130H несет мощные передатчики нижнего, среднего и высокого диапазонов электромагнитных волн. На фюзеляже и под крылом этого самолета смонтировано множество ножевых антенн, а в контейнерах на концах крыла находятся выпускаемые в полете буксируемые проволочные антенны большой длины [2].

Комплекс РЭБ самолета EC-130H предназначен для подавления радиоканалов управления самолетов противника, бортовых и наземных средств навигации и опознавания. Типовая схема применения предусматривает базирование самолетов EC-130H на высоте 9 000 м по замкнутым маршрутам над своей территорией в 70 км от линии соприкосновения войск с ведением подавления РЭС противника на глубину до 300 км. Основу бортового оборудования EC-130H CompassCall составляет автоматизированный комплекс РЭП Rivet Fire. Он обеспечивает ведение радиоразведки в диапазоне 20–1 500 МГц, постановку шумовых помех, помех, прицельных по частоте, а также передачу дезинформирующих сообщений.

Комплект передатчиков помех мощностью по 800 Вт обеспечивает одновременную постановку помех по 20 радиоприемам (радиосетям), работающим в диапазоне частот от 20 до 1 000 МГц. Виды помех: шумовые; дезинформирующие; ответные каналам радиосвязи сетей управления ПВО и ответные импульсные радиотехническим устройствам [7, 27].

Аппаратура системы РЭП самолета ЕС–130Н CompassCall непрерывно совершенствуется, при этом основное внимание уделяется разработке новых алгоритмов анализа радиопередач и управления подавлением, а также повышению точности пеленгования. Основным направлением модернизации аппаратуры РЭБ этого самолета является повышение уровня ее автоматизации.

Так, командование ВВС США в интересах расширения возможностей по радиоэлектронному подавлению на ТВД с 2001 г. проводит очередную модернизацию самолета РЭП ЕС–130Н CompassCall [27].

Проводимая модернизация предусматривает оснащение самолета более совершенными РЭС в интересах расширения существующих и приобретения принципиально новых возможностей. В ходе работ расширится спектр возможностей системы РЭБ самолета – от подавления сетей систем управления военного назначения до подавления систем сотовой связи, которые могут использоваться террористическими группировками. При этом рассматриваются следующие дополнительные задачи [29]:

- радиоэлектронное подавление систем коротковолновой, радиорелейной и спутниковой связи военного и государственного управления;
- РЭП РЛС обнаружения метрового и дециметрового диапазонов из зон барражирования;
- ведение РРТР с целью формирования в масштабе реального времени целеуказаний по вскрытым узлам связи и РЛС противника для применения систем и средств высокоточного оружия классов "воздух – земля" и "земля – земля".

Последняя из перечисленных выше задач может быть решена путем совместного функционирования самолета РЭБ ЕС–130Н и самолета РРТР RC–135V/W "Ривет Джойнт". Обмен данными между двумя платформами будет осуществляться посредством системы связи "Линк–16" [29].

На самолетах ЕС–130Н модификации "блок 35" установлена контейнерная система радиоэлектронного противодействия SPEAR. Она позволяет излучать сигналы помех в диапазоне 0,03–3 ГГц по четырем независимым лепесткам диаграммы направленности антенны с помощью 144 дискретных передающих элементов. В этой модификации предусмотрено использование новых цифровых станций РРТР и РЭП модульной архитектуры [29].

Оборудование РЭБ самолета ЕС–130Н модификации "блок 40" предположительно будет иметь расширенный диапазон рабочих частот – до 8,5 ГГц, а также включать контейнерные станции помех РЛС дальнего обнаружения метрового и дециметрового диапазонов. Предусмотрено также использование АФАР и оперативно реконфигурируемого программного обеспечения [29].

Энергетический потенциал станций помех может достигать 63–64 дБВт.

Одновременно проводятся НИОКР, направленные на исследование вопросов соответствия оборудования самолета современным требованиям с целью выявления направлений проведения дальнейших модернизаций [29].

Таким образом, в ходе модернизации самолета ЕС–130Н расширяются его возможности – от подавления сетей систем управления военного назначения до подавления сетей сотовой связи.

Кроме того, в ходе модернизаций на самолете ЕС–130Н произведена [24, 27, 29]:

- замена аналоговой радиоприемной аппаратуры и распределения частот подавления новой цифровой перепрограммируемой аппаратурой РЭП TRACS (Tactical Radio Acquisition and Countermeasures Subsystem);
- установка новой аппаратуры технического анализа и средств вычислительной техники;
- установка терминала системы передачи данных Link–16.

В конце 2006 г. была завершена разработка аппаратуры и видов помех для подавления РЛС ПВО, функционирующих в МВ- и ДМВ-диапазонах длин волн. В течение 2007 г. намечалось проведение работ по обеспечению возможности РЭП перспективных помехозащищенных систем радиосвязи и средств радиолокации [27].

Новый вариант самолета ЕС-130Н CompassCall будет более эффективно решать задачи РЭП современных мобильных средств радиосвязи, систем ПВО противника, а также может выдавать в реальном масштабе времени данные по целеуказанию на огневое поражение [27].

По планам командования ВВС США всего планируется иметь на вооружении 12–15 модернизированных самолетов ЕС-130Н CompassCall, которые могут эксплуатироваться еще не менее 10–15 лет. Предполагается, что эти самолеты будут находиться на вооружении до 2025 г. [22, 27].

### *Самолет EA-18G Growler*

Палубный самолет РЭБ EA-18G Growler (рис. 3.21) был разработан фирмой Boeing на базе истребителя F/A-18F Super Hornet для ВМС США. Первый полет совершил 15 августа 2006 г. Серийное производство самолета началось в 2007 г. В авиации ВМС EA-18G заменяет устаревшие самолеты EA-6B Prowler.



Рис. 3.21. Палубный самолет РЭБ EA-18G Growler

В декабре 2003 г. ВМС заключили контракт стоимостью 979 млн долл. с фирмой Boeing на переоборудование 6 палубных истребителей F/A-18F Super Hornet в вариант специализированного палубного самолета РЭБ EA-18G Growler. Основным отличием новой машины (вариант EA-18G Block 1) от базового образца F/A-18F Super Hornet стало расширение состава бортового РЭО за счет установки современной аппаратуры РЭБ, разработанной в рамках программы ICAP III при модернизации самолета РЭБ EA-6B Prowler [27].

Самолет РЭБ EA-18G Growler ВМС США предназначен для огневого поражения и радиоэлектронного подавления наземных и корабельных РЛС, а также сетей радиосвязи и радиолиний управления систем ПВО противника при его нахождении преимущественно в боевых порядках. Самолет обладает большей маневренностью по сравнению с EA-6B Prowler. Он может сопровождать ударную группу, состоящую из истребителей типа F/A-18, F-16 и F-15E [22].

Комплекс РЭБ на самолете EA-18G Growler включает в себя следующие компоненты [22, 24, 27]:

- станцию радиотехнической разведки AN/ALQ-218(V)2;
- 3 контейнера со станциями активных помех средствам радиолокации AN/ALQ-99F(V), которые могут работать одновременно;
- станцию активных помех средствам радиосвязи AN/ALQ-227;

- многоцелевой тактический терминал спутниковой связи МАТТ;
- терминал многофункциональной системы распределения информации MIDS, который позволит обеспечить интеграцию в систему связи прямой видимости Link-16, а также перенацеливание и проведение скоординированной атаки несколькими боевыми платформами (пилотируемыми и БПЛА);
- устройство исключения собственных помех INCANS;
- дополнительные устройства отображения информации в кабине экипажа (4 цветных дисплея размером 20–25 см на каждом месте).

Помимо указанного бортового РЭО в состав вооружения EA-18G включены 2 противорадиолокационные ракеты AN/AGM-88 HARM [24].

Станция радиотехнической разведки AN/ALQ-218(V)2 является средством информационного обеспечения станций активных помех и имеет в своем составе 10 радиоэлектронных и 12 антенных блоков. Она установлена в носовой части самолета (за АФАР РЛС AN/APG-79). Многоканальные приемные устройства обеспечивают прием сигналов в диапазоне частот от 64 МГц до 40 ГГц. Приемные антенны станции (36 шт.) размещены в контейнерах (длина 3 м, диаметр 0,33 м), установленных на концевиках крыла. Такая компоновка обеспечивает пеленгование с точностью до нескольких метров, позволяет значительно повысить точность определения координат источников радиолокационных излучений и целеуказания противорадиолокационным ракетам, входящим в боекомплект самолета. Станция обеспечивает круговой обзор в азимутальной плоскости с разрешающей способностью по азимуту 2°. Точность определения дальности составляет 5–10 %. Потребляемая станцией мощность 1,21 кВт, среднее время наработки на отказ 620 ч (по открытым данным результатов лабораторных испытаний), масса аппаратуры 224 кг [24, 27].

Станция активных помех средствам радиолокации AN/ALQ-99F(V) предназначена для постановки помех бортовым РЛС и управляемым ракетам противника, а также для обеспечения групповой защиты боевых порядков самолетов от средств ПВО.

В состав каждого из трех подвесных контейнеров станции активных помех AN/ALQ-99F(V) входят следующие элементы [24]:

- 2 антенные системы (передней полусферы и задней полусферы);
- 2 усилителя мощности (передней полусферы и задней полусферы);
- турбогенератор;
- универсальный задающий генератор UUEU;
- блок управления.

Размеры каждого из подвесных контейнеров станции AN/ALQ-99F(V) – 4,7 × 0,7 × 0,5 м. Универсальный задающий генератор UUEU позволяет оборудовать станции усилителями мощности различных частотных диапазонов (диапазоны 1/2/3: 64–500 МГц; диапазон 4: 500–1 000 МГц; диапазоны 5/6: 1 000–2 500 МГц; диапазон 7: 2 500–4 000 МГц; диапазон 8: 4 000–7 500 МГц; диапазоны 9/10: 7 500–40 000 МГц) в разных комбинациях. В зависимости от этого масса контейнера колеблется от 460 кг (при установке двух передатчиков диапазона 4) до 494 кг (при наличии двух передатчиков диапазона 9/10). Кроме того, для постановки помех используется антенная система РЛС AN/APG-79 [24]. В перспективных планах модернизации комплекса РЭБ на самолете EA-18G Growler предусмотрена замена станции AN/ALQ-99F(V) на систему NGJ [25].

Вместо станции помех связным РЭС AN/USQ-113, которая используется на самолете EA-6B, на самолете EA-18G устанавливается станция AN/ALQ-227. Ее основу составляют приемное устройство CCSR (Communication Countermeasures Set Receiver) и процессорный блок. Станция AN/ALQ-227 представляет собой отдельный приемник, а не приемник с передатчиками помех, как AN/USQ-113. Для излучения сигналов помех используется передатчик контейнерной станции помех РЛС УКВ-диапазона ALQ-99(V). При этом в передатчиках новой контейнерной станции постановки помех вместо ламп бегущей волны используются твердотельные элементы. Кроме этого, она будет связана с двумя антенными устройствами, что позво-

ляет эффективнее управлять режимами подавления РЭС. В настоящее время разработчики решают вопрос об использовании бортового генератора сигналов помех AN/ALQ-214 для подавления РЭС противника при одновременном применении РЛС с АФАР AN/APG-79(V) [22, 27].

Устройство исключения собственных помех INCANS (INterference CANcellation System), разработанное фирмой EDO, обеспечивает возможность одновременного осуществления радиосвязи и создания помех в УВЧ-диапазоне. Оно будет одним из главных улучшений в области оборудования РЭБ самолета EA-18G по сравнению с EA-6B, так как наличие системы INCANS позволит использовать до 85 % бортового связного оборудования одновременно с постановкой помех для РЭС противника (применение систем связи при режиме подавления на EA-6B Prowler являлось сложной проблемой) [22, 27].

По мнению американских специалистов, оснащение самолета терминалом систем связи и распределения данных MIDS является наиболее важным этапом усовершенствования. Это позволит им совместно работать в единой сети цифровой передачи данных Link-16 с другими средствами РЭП и РТР, в частности с самолетами RC-135 V/W Rivet Joint, в целях формирования и обмена данными единой картины радиоэлектронной (тактической) обстановки в районе боевых действий [27].

Впервые самолет EA-18 Growler был применен в боевых условиях 23 марта 2011 г., во время военной операции "Одиссея. Рассвет" в Ливии. Тогда пять самолетов EA-18G Growler ВМФ США приняли непосредственное участие в подавлении объектов ПВО и установлении бесполетной зоны в стране. В период до 2013–2015 гг. ВМС США планировали приобрести около 90 самолетов EA-18G Growler [22].

### ***Перспективный комплекс РЭБ ССЖ для самолета В-52Н***

В 2007 г. ВВС США в целях повышения эффективности борьбы с современными средствами разведки и управления систем ПВО противника возобновили программу создания нового комплекса РЭБ – ССЖ (Core Component Jammer), размещаемого на борту стратегического бомбардировщика В-52Н Stratofortress, для постановки помех наземным РЛС дальнего обнаружения воздушных целей в составе систем ПВО противника. Данные самолеты получают обозначение EB-52 или В-52 ССЖ. Они сохраняют свои возможности по применению ядерного и высокоточного обычного оружия, а также смогут решать широкий круг задач РЭБ с помощью многофункциональной аппаратуры РЭР и постановки помех при длительном патрулировании (до 12 ч) на удаленных ТВД [27].

Комплекс РЭБ ССЖ предполагается размещать в двух контейнерах (длина 9,1–12,2 м, масса около 2 300 кг), устанавливаемых на узлах подвески внешних топливных баков самолета [27].

Аппаратура комплекса ССЖ будет обеспечивать: обнаружение, распознавание, определение местоположения и подавление современных и перспективных РЛС в диапазоне частот 70–40 000 МГц и срыв работы сетей радиосвязи систем ПВО противника в диапазоне 20–2 000 МГц. Комплекс сможет осуществлять эффективную постановку помех одновременно нескольким десяткам РЭС противника на дальностях до 400 км в секторе 180°. Предусмотрена постановка широкополосных (заградительных), прицельных по частоте и сопряженных по спектру, а также ответных и дезинформирующих (уводящих по углу места, дальности, скорости) помех [27].

При создании комплекса ССЖ в качестве основы использована аппаратура, разработанная в рамках программы модернизации самолета РЭБ EA-6B Prowler. Отличительной особенностью новых станций помех является использование АФАР (длина каждой антенной решетки более 2,5 м, работает в X и Y частотных диапазонах), формирующей многолучевую диаграмму направленности. Данная АФАР создана на базе решетки, установленной в контейнере SPEAR самолета EC-130H CompassCall. Применение такой антенны позволит формировать мощную узконаправленную помеху в заданном направлении перпендикулярно маршруту полета самолета. Мощность потребляемой комплексом ССЖ электроэнергии составит до 60 кВт при возможностях энергетической установки самолета 100 кВт [27].

В дополнение к комплексу РЭБ ССJ предполагалось часть основного вооружения (крылатые ракеты воздушного базирования (КРВБ), управляемые ракеты класса "воздух – земля") самолета В–52Н оснащать боевыми частями, создающими мощный электромагнитный импульс, в том числе СВЧ-диапазона, для вывода из строя РЭС противника (в первую очередь электронно-вычислительной техники), а также использовать автономные ложные воздушные цели ADM–160B MALD с аппаратурой постановки помех РЛС [27].

В июне 2008 г. командование ВВС США заключило контракты стоимостью 15 и 20,8 млн долларов на предварительные исследования по эскизному проектированию комплекса РЭБ ССJ, перспективных технологий и элементов для него (передающие АФАР, имеющие высокую мощность излучения, усовершенствованные широкополосные возбуждители и приемные устройства) и его интеграции в самолет В–52Н. По состоянию на начало 2009 г. был создан макет подсистемы обработки и управления комплексом РЭБ АММР (AEA Mission Management Processing) и проведены его испытания в лабораторных условиях [27].

Несмотря на активную разработку комплекса ССJ и создание демонстрационной платформы, в 2009 г. эта программа была снова закрыта. После этого ВВС США сделали акцент на использование менее дорогих вариантов, предусматривающих применение систем и средств РЭБ непосредственно в районе решения боевых задач [22, 26].

### *Перспективная система РЭП NGJ для самолета F–35B*

После закрытия программы ССJ по разработке специализированного самолета РЭБ на основе стратегического бомбардировщика В–52 самолет ЕС–130Н является единственным носителем многофункционального комплекса РЭБ, ориентированного как на применение против каналов управления оружием и РЛС средств ПВО, так и на РЭП каналов и сетей радиосвязи. В связи с этим среди разрабатываемых и модернизируемых авиационных комплексов РЭБ в США наибольший интерес с точки зрения внедрения новых технологий и объема финансирования представляет разрабатываемая система РЭП следующего поколения NGJ (Next Generation Jammer), первоначально предназначавшаяся для замены системы РЭП AN/ALQ–99 ICAP III на самолетах EA–18G [26].

В рамках реализации мероприятий по программе NGJ проводятся [26]:

- исследование перспективных технологий;
- НИОКР по созданию опытного образца;
- испытания в лабораторных условиях;
- разработка специального ПО.

Целью наращивания возможностей в разработке системы NGJ является достижение предельных возможностей по противодействию перспективным угрозам в радиодиапазоне. Порядок работ определен в три этапа согласно приоритетам противодействия и важности, различных РЭС управления войсками и оружием [26].

Так, наиболее важным и перспективным для РЭБ считается "средний диапазон" (ориентировочно 2–18 ГГц), НИОКР по которому проводятся в рамках первого этапа программы NGJ. В данном диапазоне работает большинство известных РЛС обнаружения, наведения, целеуказания и управления оружием систем ПВО различных стран мира. На втором этапе работ исследуется "низкий диапазон" (0,2–2 ГГц), соответствующий диапазону работы РЛС обнаружения, наведения и целеуказания, средства связи и обмена данными и др. На третьем этапе – "высокий диапазон" (18–40 ГГц), в котором функционируют РЛС управления огнем ряда современных и перспективных ЗРК, ГСН, а также дистанционные радиовзрыватели управляемых ракет [26].

В середине 2015 г. было принято решение о начале разработок опытного образца. При этом для создания системы NGJ планируется использовать военные и коммерческие технологии не только национального, но и совместного производства, а также импортные технологии [26].

Основные требования, предъявляемые к системе NGJ как к технологическому решению следующего поколения [26]:

- возможность одновременного прицельного по частоте и направлению воздействия на разные РЭС с различным местоположением;

- высокий энергетический потенциал, примерно в 10 раз превышающий аналогичный показатель системы AN/ALQ-99;
- управляемая поляризация помеховых сигналов;
- возможность адаптивного РЭП;
- модульность и открытая архитектура конструкции.

Одновременное прицельное по частоте и направлению подавление нескольких РЭС с различными позициями может быть обеспечено путем реализации системы NGJ на основе широкополосных АФАР со схемой формирования независимо управляемых лучей диаграммы направленности. Такая схема позволяет формировать несколько независимых лучей диаграммы направленности различных по частоте, структуре и поляризации сигналов. Количество одновременно подавляемых РЭС будет зависеть от ряда условий (типа РЭС, их характеристик и режимов работы, наклонных дальностей и угловых положений относительно носителя системы РЭП, ЭПР прикрываемых ЛА и др.). Для обеспечения необходимого сектора сканирования АФАР могут быть применены такие технологии, как "задержка сигнала в реальном масштабе времени" TTD (True Time Delay) [26].

Высокий энергетический потенциал планируется достигнуть за счет применения в качестве усилительных приборов твердотельных усилителей на основе нитрида галлия GaN в составе монолитных интегральных схем. По ряду характеристик нитрид-галлиевые усилители превосходят широко используемые в настоящее время в АФАР усилители на основе арсенида галлия GaAs. Однако для эффективного задействования потенциальных возможностей GaN-усилителей в составе контейнерной системы РЭП необходимы мощные источники энергии. При этом выходная мощность автономных генераторных турбин набегающего потока RAT (Ram Air Turbine), используемых в настоящее время в составе системы РЭП AN/ALQ-99, не превышает 27 кВт. Этой мощности недостаточно для системы РЭП NGJ. Для энергетического обеспечения новой системы РЭП предполагается использовать высокоомощные генераторные турбины набегающего потока HIRAT (High-power Ram Air Turbine) [26].

Управляемая поляризация помеховых сигналов может быть реализована путем взаимного расположения излучателей на полотне АФАР, при котором поляризация сигнала будет результатом сложения ортогональных векторов поляризации каждого канала [26].

Для обеспечения модульности и открытой архитектуры конструкции АФАР рассматривается технология SMART. Модули планарной АФАР, выполненной по данной технологии, являются СВЧ интегральными схемами, представляющими собой отдельные линейные АФАР. В состав таких СВЧ интегральных схем входят широкополосные излучатели и диаграммообразующие модули, которые включают широкополосные усилители и линии задержки. В качестве излучающих элементов могут служить широкополосные излучатели "Вивальди" [26].

Адаптивные способы РЭП на основе системы NGJ будут реализовываться за счет создания мощных вычислительных средств, дальнейшего совершенствования технологий создания цифровых устройств DRFM, предназначенных для сохранения и воспроизведения сигналов, а также новых алгоритмов их обработки.

Появление системы NGJ позволит США осуществить значительный технологический прорыв в области создания средств РЭБ. Система NGJ может стать основой для разработки других средств РЭБ различного назначения и базирования [26].

В зарубежных СМИ отмечается, что станцией активных помех, разрабатываемой по программе NGJ, планируется оснащать самолет F-35B. Этот самолет разрабатывается как самолет РЭБ, его поступление в войска планируется в 2024 г. Как отмечают зарубежные эксперты, его создание обеспечит выполнение задач сопровождения боевых порядков в зоне обнаружения РЭС управления войсками и оружием. Программа предполагает размещение в подвесных контейнерах передатчиков низкого, среднего и высокого частотных диапазонов. Таким образом, ведение РЭБ в ходе воздушных операций рассматривается военным руководством США как неотъемлемый компонент боевого обеспечения, и интеграция авиацион-

ных групповых средств РЭБ в единую эшелонированную систему позволит успешно решать весь комплекс задач по обеспечению действий военной авиации [26].

По состоянию на апрель 2016 г. компания Raytheon заявила о поставке 15 опытных образцов системы NGJ американским ВМС в течение следующих 4 лет в рамках контракта на 1 млрд долларов [25].

### 3.2.3. Системы РЭБ на основе БПЛА

Обсуждение вопросов о разработке боевых БПЛА в ВС США было начато во второй половине 1990-х гг. Предложение об использовании БПЛА в качестве платформы РЭБ возникло во время ведения США боевых действий в Афганистане, при борьбе с нерегулярными воинскими формированиями. Применение БПЛА из-за его низкой стоимости и отсутствия летного состава позволяет использовать его в самых опасных районах боевых действий, а также устанавливать на него дополнительное вооружение. Разработка БПЛА, способных вести разведку, наносить огневые удары по различным целям и при необходимости применять средства РЭБ, ведется в США, Франции, Швеции, Великобритании и других странах [7, 28].

Кроме того, ведущие фирмы США и НАТО разрабатывают БПЛА нового класса – разведывательно-ударные. К подобному классу относится многоцелевой БПЛА RQ-1 Predator (США, рис. 3.22) и его последние модификации, которые должны нести современную разведывательную аппаратуру (БРЛС TESAR, систему РТР LR-100, оптико-электронный комплекс Skyball, телевизионную и ИК-аппаратуру и др.), мощное бомбовое и ракетное вооружение. Рассматриваются варианты, в соответствии с которыми на перспективные модификации разведывательно-ударных БПЛА будет также устанавливаться и аппаратура РЭБ [28].

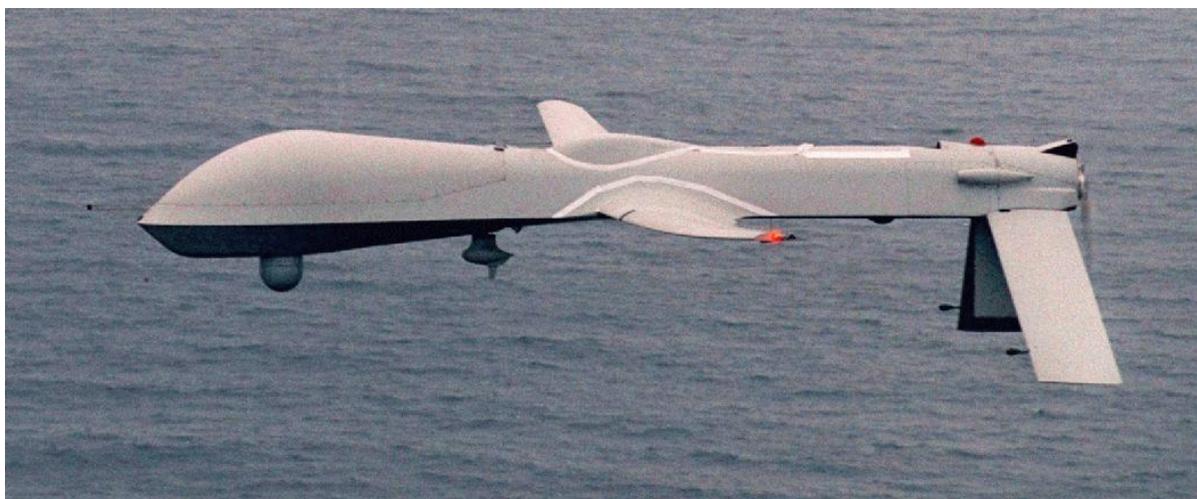


Рис. 3.22. БПЛА RQ-1 Predator

Так, в 2014 г. США успешно апробировали в операциях в Ираке и в Афганистане комплексы РЭБ NERO (Networked Electronic Warfare, Remotely Operated), предназначенные для БПЛА MQ-1C Grey Eagle, которые являются модификацией комплекса CEASAR (Communications Electronic Attack with Surveillance And Reconnaissance), устанавливаемого на самолете C-12. Комплекс NERO позволил вести радио- и радиотехническую разведку РЭС и средств связи, а в режиме излучения помех – успешно подавлять транкинговые и сотовые средства связи, беспроводные радиосети (типа Wi-Fi), радиовзрыватели мин. Успешная апробация комплекса NERO показала возможность применения средств РЭБ на БПЛА, с учетом решения задач его автономного полета и управления, а также задач электромагнитной совместимости комплекса РЭБ и радиоканалов управления БПЛА [32].

Назначением БПЛА, оснащенных комплексами РЭБ, является решение следующих задач:

- проведение первоначальной разведки в оперативной глубине;
- формирование целеуказаний для пилотируемых летательных аппаратов и высокоточного оружия;
- проведение электронной атаки на системы управления и связи противника;
- нанесение высокоточных ударов по объектам противника и подавление/уничтожение систем и средств ПВО.

В настоящее время БПЛА применяются преимущественно для ведения разведки, наблюдения и организации связи. На стратегическом уровне управления основной функцией БПЛА является радио- и радиотехническая разведка, в ходе которой они должны осуществлять перехват сигналов, их анализ и формирование карты радиоэлектронной обстановки. Одновременно происходит пополнение баз данных/библиотек РЭС, расположенных в районе патрулирования. На оперативном уровне решаются задачи по ведению разведки, в том числе видовой, формированию целеуказаний системам оружия и выполнению радиоэлектронных атак на РЭС противника. На тактическом уровне БПЛА с помощью систем и средств РРТР могут собирать и передавать пользователям критически важные данные о радиоэлектронной обстановке и формировать целеуказания на подавление РЭС в соответствии с замыслом командования. В перспективе размещенные на БПЛА системы и средства РЭБ должны получить наибольшее распространение именно на тактическом уровне, где они могут применяться с максимальной эффективностью, дополняя возможности систем и средств видовой разведки и РЭП, более удаленных от цели [10].

Все существующие и разрабатываемые БПЛА подразделяются на 3 основных класса: малые, средние, большие. Применительно к малым БПЛА оборудование РЭБ для постановки помех может размещаться на отдельных образцах при решении этими БПЛА специальных задач. Аппаратуру радиоэлектронной защиты устанавливать на них считается нецелесообразным из-за их небольших размеров и сравнительно низкой стоимости аппаратов. Наиболее перспективными с точки зрения оснащения системами и средствами РЭБ считаются средние БПЛА. Сравнительно небольшие размеры и высокая маневренность наряду с достаточной грузоподъемностью делают их эффективными средствами для проникновения в защищенные районы и проведения радиоэлектронных атак на РЭС противника. При этом для повышения степени живучести они могут оборудоваться и средствами индивидуальной радиоэлектронной защиты. На больших БПЛА из-за их высокой стоимости считается целесообразным устанавливать средства индивидуальной радиоэлектронной защиты, причем в ряде случаев постановка помех может осуществляться такими аппаратами из относительно безопасных районов [10].

Отдельно необходимо отметить маневрирующие автономные ложные воздушные цели. Они представляют собой летательные аппараты, отображающие на экране РЛС метку, идентичную отметке атакующего самолета. Корпус ложных воздушных целей выполнен из композиционных материалов. В ее состав входит миниатюрная станция РЭБ, генерирующая помехи для РЛС противника, что затрудняет захват и сопровождение атакующих средств ПВО самолетов. Маневрирующие автономные ложные воздушные цели, оборудованные средствами РЭБ, в перспективе должны найти самое широкое применение [10].

Основные ограничения при разработке систем и средств РЭБ для БПЛА – это их массогабаритные параметры и потребляемая мощность. Поскольку оборудование РЭБ с жидкостным охлаждением требует дополнительного пространства и увеличивает массу, то для БПЛА в настоящее время разрабатывается преимущественно оборудование с воздушным охлаждением. Тем не менее, продолжается исследование возможностей применения на этих аппаратах систем с жидкостным охлаждением. Так, на стратегическом БПЛА RQ-4 Global Hawk (рис. 3.23) модификации Block 30 проводятся испытания перспективной системы РРТР ASIP, оборудованной жидкостным охлаждением [10].

Большое влияние на перспективы использования БПЛА для ведения РЭБ оказывает такой показатель, как "стоимость/эффективность". Оборудование РЭБ является достаточно дорогим. Поскольку аппараты должны часто выполнять свои функции в условиях повышенного риска, то все фирмы работают над снижением стоимости оборудования, так как именно

стоимость жизненного цикла БПЛА РЭБ может в итоге оказаться решающим фактором, определяющим перечень устанавливаемого на него радиоэлектронного оборудования [10].



Рис. 3.23. БПЛА RQ-4 Global Hawk

Необходимо отметить влияние уровня развития вычислительной техники на возможности по созданию высокоэффективных БПЛА РЭБ. Вычислительные средства, используемые на таких БПЛА, предназначены в первую очередь для следующих функций [10]:

- анализ перехваченных сигналов по целевым параметрам (частота, направление на источник сигнала, время регистрации сигнала и т. д.);
- преобразование и классификация перехваченных сигналов для оценки радиоэлектронной обстановки, группирование сигналов и запись их в запоминающие устройства;
- идентификация РЭС, в основу которой положено использование баз данных, разработанных для использования в системах РЭБ;
- прием, преобразование сигнала РЭС и формирование помехи, наилучшим способом подходящей для ее подавления.

При этом быстродействие современных малогабаритных специализированных сигнальных процессоров является недостаточным для решения всех этих задач. Однако предполагается, что необходимый уровень при отсутствии качественных скачков в развитии вычислительной техники может быть достигнут не ранее 2025–2030 гг. [10].

Обобщая вышесказанное, можно утверждать, что в ближайшем будущем комплексы РЭБ на основе БПЛА вытеснят и заменят специализированные самолеты РЭБ. Однако для этого разработчикам систем и средств РЭБ для БПЛА необходимо решить следующие основные задачи технического и тактического характера [10].

1. Определение оптимальной дистанции для эффективного проведения радиоэлектронных атак и обеспечения должной степени живучести БПЛА.

2. Оснащение БПЛА радиоэлектронной аппаратурой согласно требованиям малой сигнатурной заметности. Собственные излучения являются сильными демаскирующими признаками, что повышает вероятность поражения БПЛА (например, самонаводящимися на излучение ракетами).

3. Обеспечение устойчивой связи с удаленными абонентами во время проведения радиоэлектронных атак (собственные помехи могут привести к невозможности оперативной корректировки задач БПЛА и срыву передачи разведывательной информации другим потребителям). Одной из возможных мер является повышение степени автономности аппарата. Линии связи должны быть защищены также и от воздействия средств РЭП со стороны противника.

4. Обеспечение передачи больших объемов информации в реальном масштабе времени. Практически невозможно запрограммировать БПЛА на все те изменения боевой обстановки, которые могут возникнуть в ходе выполнения задачи. Решение о корректировке задач может быть принято человеком на станции управления, но для этого он должен получить исчерпывающую информацию об обстановке.

5. Обеспечение высокой степени надежности бортовых систем, поскольку от успешности применения БПЛА зависит безопасность пилотируемых платформ. Кроме того, БПЛА должны в значительной степени обладать свойствами автономности, чтобы функционировать в условиях временно потерянной или неустойчивой связи со станцией управления.

6. Возможность формирования помех необходимой мощности. Повышение мощности сигналов помех приводит к увеличению размеров БПЛА и его стоимости.

7. Достижение согласованности действий с экипажами пилотируемых летательных аппаратов.

8. Обеспечение минимального временного интервала между обнаружением цели и ее радиоэлектронным подавлением.

В настоящее время ведутся активные исследования по созданию комплексов РЭБ на БПЛА. Так, для задач РЭБ может быть использован создаваемый в США специализированный ударный БПЛА X-45A (разрабатывается по программе UCAV), выполненный из композиционного материала по технологии малой заметности Stealth. Взлетная масса этого БПЛА 6 800 кг, и на его борту устанавливается разнообразная разведывательная аппаратура (РЛС с ФАР, станция РТР, оптико-электронная аппаратура и др.) [28].

В интересах ВМС США ведется разработка БПЛА Pegas с базированием на авианосцах. В его тактические задачи входят: разведка, наблюдение, удары по морским и наземным целям, подавление ПВО противника [28].

Решение задач РЭБ с помощью БПЛА прежде всего направлено на подавление РЛС противника, а также его систем управления и связи. Для этого первоначально планировалось использовать два вида средств: автономные ложные воздушные цели типа ADM-160 MALD и специально оборудованные БПЛА. Под последними подразумевалось использовать разрабатываемые в ВВС и ВМС США боевые БПЛА, оснащенные соответствующим оборудованием РЭБ. Однако между ВВС и ВМС, которые работали отдельно по концепции БПЛА РЭБ, возникли существенные разногласия. Для их разрешения программы по БПЛА РЭБ этих двух ведомств в октябре 2003 г. были объединены и переданы под централизованное управление DARPA [22].

Таким образом, результаты анализа работ, проводимых в настоящее время в ВС США в рамках формирования новой межвидовой структуры платформ РЭБ воздушного базирования, позволяют сделать следующие выводы [28].

1. Большинство современных систем и средств воздушных платформ РЭБ в ВС США представляют собой не отдельные разрозненные элементы, а целый взаимосвязанный комплекс, в котором объем решаемых задач распределяется между платформами по принципу достижения максимальной эффективности в соответствии с текущей обстановкой. При этом наблюдается расширение перечня задач от традиционного подавления систем управления оружием, управления войсками и связи противника до подавления его систем навигации, сотовой связи и др., функционирующих в электромагнитном спектре.

2. Происходит существенное расширение номенклатуры используемых платформ, включающих пилотируемые летательные аппараты от модифицированного стратегического бомбардировщика до истребителей тактической авиации и БПЛА, способные нести полезную нагрузку, состав которой варьируется от средств физического уничтожения цели до средств РЭП. При этом делается акцент не на создании новых пилотируемых платформ, а на модификации существующих с максимально возможным сохранением их первоначальных тактико-технических характеристик и вооружения.

## 4. РЭБ В СУХОПУТНЫХ ВОЙСКАХ ВС США

### 4.1. Задачи РЭБ в соединениях и объединениях СВ США нового облика

Опыт участия формирований сухопутных войск США в боевых действиях в Ираке и Афганистане, анализ результатов проведения мероприятий оперативной и боевой подготовки войск, а также результаты математического моделирования боевых действий рассматриваются командованием американских сухопутных войск в качестве необходимых условий для принятия решения по проведению организационно-технических мероприятий, направленных на реорганизацию боевых бригад (ббр) [33, 34].

В настоящее время боевая бригада является основным тактическим соединением сухопутных войск, способным вести боевые действия в ходе наступательных и оборонительных операций, операций по стабилизации обстановки и по оказанию помощи гражданским властям [33].

В соответствии с наставлением сухопутных войск ADRP 3–90 "Наступление и оборона", изданным в 2012 году, организационная структура ббр должна включать штаб, два и более общевойсковых батальона, подразделения боевого и тылового обеспечения. Численность личного состава бригады может варьироваться от 2 500 до 5 000 человек в зависимости от ее типа и количества приданных подразделений [33].

Содержание практических мероприятий в области реорганизации существующих ббр заключается в приведении их организационно-штатной структуры к единым стандартам, сокращению их типов до трех (бронетанковая, механизированная "Страйкер" и легкая) с одновременным снижением числа таких формирований в регулярных, а в дальнейшем и в сухопутных войсках национальной гвардии [33].

Согласно планам реформирования в 2016 году в составе сухопутных войск США ожидалось снижение общего количества ббр до 58. Взгляды командования СВ США на изменение организационной структуры ббр, а также на порядок их применения в различных видах боевых действий нашли отражение в полевом уставе FM 3–96 "Боевая бригада", изданном в октябре 2015 года [33].

*Бронетанковая бригада* – основное ударное тактическое соединение, предназначенное для ведения боевых действий на танкодоступной местности, проведения контратак, прорыва обороны противника и нанесения ему максимального урона. Обладая высокой ударной силой и живучестью, бронетанковые бригады составляют основу наземной группировки на стратегических направлениях и применяются, как правило, при выполнении боевых задач в полном составе [33].

Бригада состоит (рис. 4.1) из штаба, инженерно-штабного батальона, трех смешанных батальонов (по штабной роте и по две мотопехотных и танковых роты в каждом), разведывательного батальона, артиллерийского дивизиона и батальона тылового обеспечения [33].

*Механизированная бригада "Страйкер"* – основное общевойсковое тактическое соединение, предназначенное для решения задач в обороне и наступлении в различных условиях местности. Наибольшее применение данный тип бригад получает в ходе маневренно-ударных действий в особых условиях (городская застройка, горно-лесистая местность), а также оборонительных действий по удержанию важных участков территории [33].

Механизированная бригада "Страйкер" организационно включает (рис. 4.2): штаб, инженерно-штабной батальон, три мотопехотных и разведывательный батальоны, артиллерийский дивизион и батальон тылового обеспечения [33].

*Легкая бригада* – высокомобильное тактическое соединение, предназначенное для выполнения боевых задач преимущественно в городских условиях или густонаселенных районах, где применение тяжелой техники невозможно или нецелесообразно, а также для действий в составе тактических воздушных и морских десантов, обходящих и рейдовых отрядов. Отсутствие в структуре бригады тяжелого вооружения, и, помимо этого, способность к быстрому маневру силами и средствами обуславливают возможность ее применения как в мобильной обороне, так и в борьбе с обходящими и рейдовыми отрядами и десантами, иррегулярными и диверсионно-разведывательными формированиями противника [33].

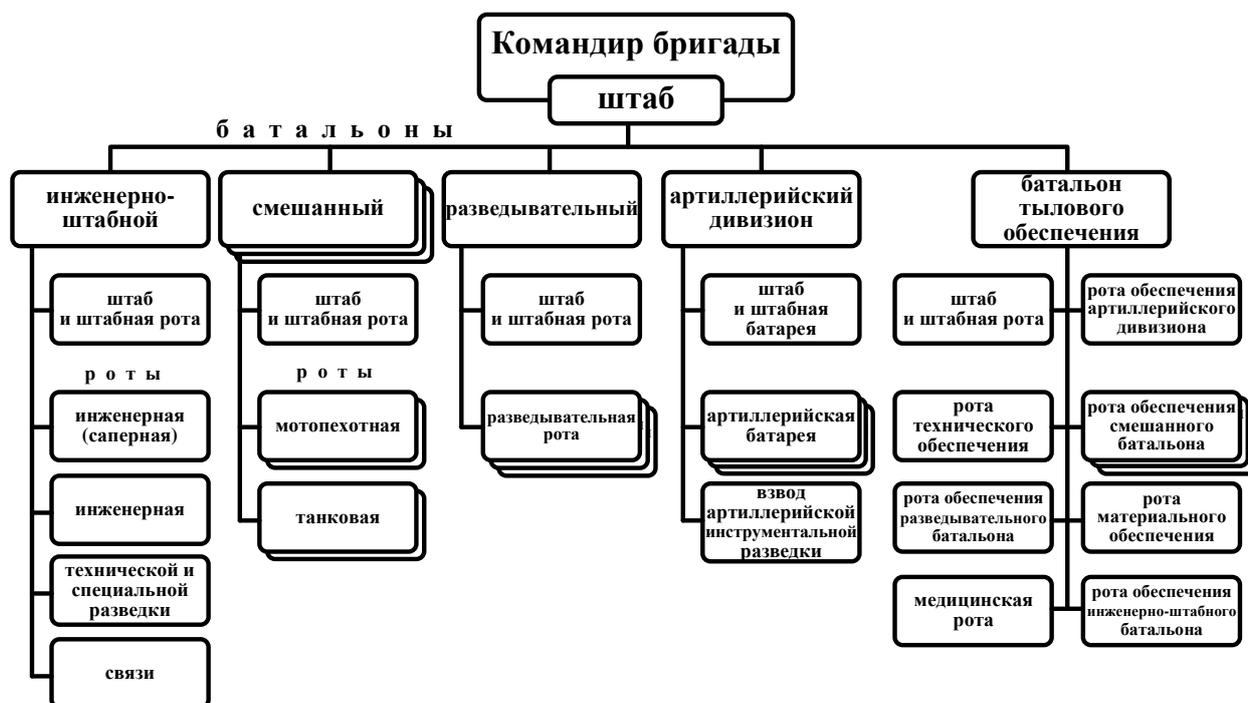


Рис. 4.1. Организационно-штатная структура бронетанковой бригады

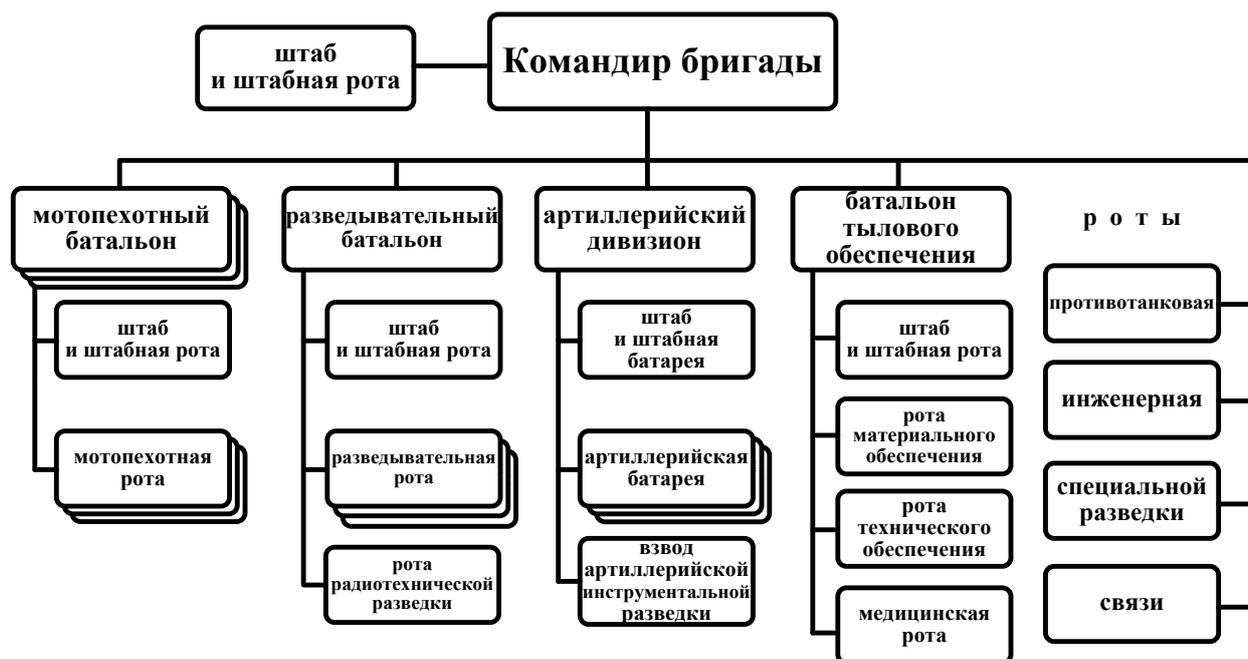


Рис. 4.2. Организационно-штатная структура бригады "Страйкер"

Легкая бригада состоит (рис. 4.3) из штаба, инженерно-штабного батальона, трех пехотных батальонов (каждый включает штабную роту, три пехотные и роту оружия), разведывательного батальона, артиллерийского дивизиона и батальона тылового обеспечения [33].

Таким образом, командование СВ США рассчитывает постепенно перейти от трехзвенной структуры данного вида ВС ("бригада – дивизия – корпус"), к двухзвенной, где основной боевой единицей будут новые формирования модульного типа [11].

Одним из главных условий успешного использования создаваемых частей и подразделений нового типа, которые отвечали бы всем требованиям ведения современных операций, является оснащение их перспективными системами и комплексами вооруженной борьбы. В первую очередь это относится к новейшим средствам разведки и РЭБ, способным обнаруживать про-

тивника, обрабатывать и распределять необходимую информацию для уничтожения (разгрома) сил противника еще до вступления с ним в непосредственное соприкосновение [11].

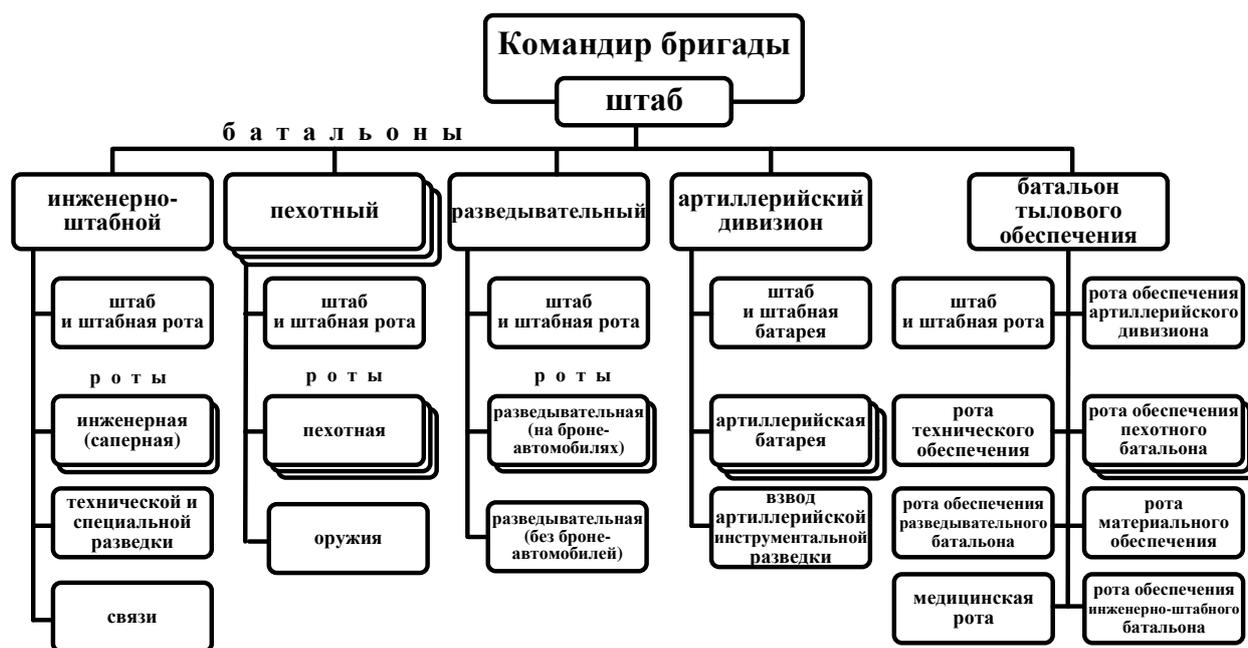


Рис. 4.3. Организационно-штатная структура легкой бригады

Командование сухопутных войск США закрепило за силами и средствами РЭБ соответствующее обеспечение каждой из шести функциональных областей ведения боевых действий [3]:

- движение (перемещение) и маневр войск;
- разведывательное обеспечение боевых действий;
- огневое поражение противника;
- материально-техническое обеспечение;
- восполнение потерь боевой техники и личного состава войск (сил);
- управление боевыми действиями и защита войск.

Основными воинскими формированиями, которые решают задачи радиоразведки и радиоэлектронной борьбы в соединениях и объединениях СВ США, являются [11]:

- в боевых бригадах – штатные подразделения разведки, наблюдения, целеуказания и радиоэлектронной войны (разведывательный батальон и рота технической и специальной разведки), оснащенные новейшей военной техникой;
- штатные бригады разведки поля боя, осуществляющие разведывательное обеспечение объединенных оперативных формирований, которые формируются на базе модульных сил.
- приданные роты и батальоны разведки и РЭБ.

## 4.2. Штатные силы и средства РЭБ соединений и объединений СВ США

### *Разведывательный батальон*

Деятельность разведывательных батальонов сосредоточена на задачах разведки местности и охраны. При этом первая задача выполняется на участке, определенном командиром бригады, или в полосе предстоящих действий [11].

Силами разведывательного батальона организуется и ведется войсковая разведка, в ходе которой добываются сведения о боевом составе, положении, состоянии наземных сил противника, характере его действий и намерениях, сильных и слабых сторонах, а также о степени и характере инженерного оборудования занимаемых им районов и позиций, системе заграждений и др. Кроме того, в интересах решения батальоном поставленных перед ним задач могут привлекаться силы и средства воздушной видовой и специальной технической

разведки, выделяемые ротой технической и специальной разведки. Одновременно он выполняет комплекс мероприятий по выявлению и определению приоритетных целей, подготовке и осуществлению целеуказания. На разведывательный батальон может возлагаться и такая функция, как походное и сторожевое охранение боевой бригады [11].

Выделяют пять основных задач, выполняемых батальоном [11]:

1. Проведение разведывательных операций (HUMINT-разведки) по добыванию (получению) важных разведанных для подтверждения или опровержения имеющихся сведений о боевой (оперативной) обстановке. Разведывательный батальон обеспечивает командира бригады данными об угрозах, местном населении (в том числе данными опроса), неправительственных организациях, деятельности многонациональных корпораций, инфраструктуре и др.

2. Контроль района боевых действий с целью создания бригаде благоприятных условий для организованного и своевременного вступления в бой. Усилия батальона по контролю района боевых действий направлены на исключение внезапного нападения противника, благодаря чему боевые силы располагают необходимым временем и пространством для маневра. Кроме того, передаваемые им данные используются командиром для правильной оценки обстановки, осуществления контроля движения сил, определения направлений маневров и порядка действий в операции.

3. Выполнение походного и сторожевого охранения бригады. При проведении наступательной операции разведывательный батальон может организовывать головные походные заставы, а с угрожаемых направлений – боковые походные заставы, что предотвращает преждевременное развертывание и изматывание личного состава боевой бригады до выхода ее на запланированный рубеж. В ходе оборонительной операции он организует авангарды и неподвижные боковые заставы. Кроме того, при наличии угрозы с тыла создаются тыловые походные заставы.

4. Обеспечение безопасности на марше. Для этого осуществляется походное охранение, а также организуются пункты прохода личного состава и техники части.

5. Проведение операций в тыловом районе своих войск. Данные задачи выполняются в интересах охраны и обороны тыловых подразделений, в целях воспрепятствования и максимального ослабления воздействия противника на объекты и инфраструктуру, обеспечения устойчивого функционирования системы тылового обеспечения.

Вариант организационно-штатной структуры разведывательного батальона "тяжелой" бригады приведен на рис. 4.4 [11].

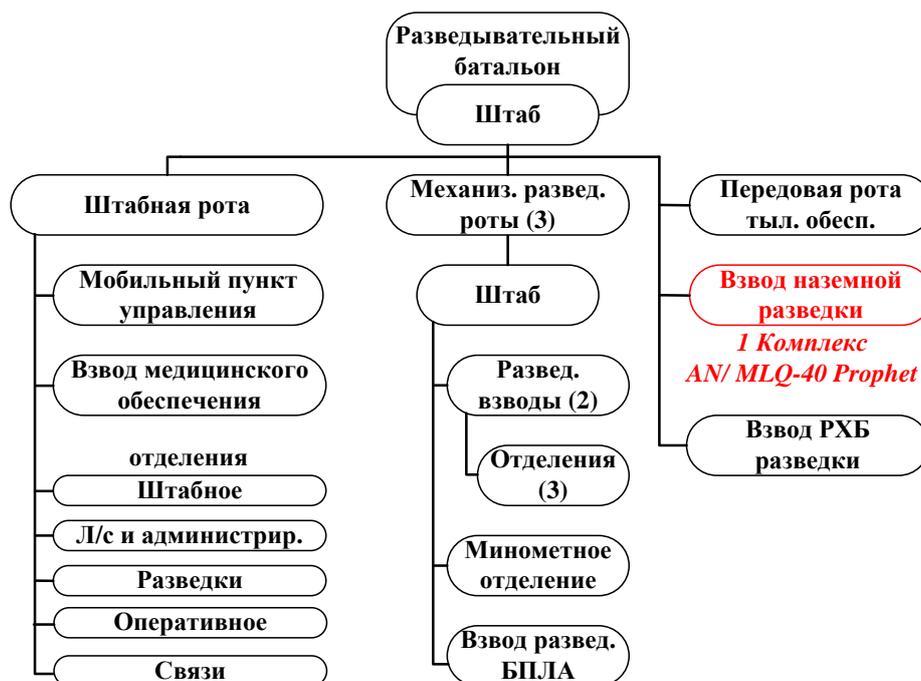


Рис. 4.4. Вариант организационно-штатной структуры разведывательного батальона "тяжелой" бригады

Непосредственно РЭБ в разведывательном батальоне ведет взвод наземной разведки, на вооружении которого состоит один комплекс AN/MLQ-40 Prophet.

### ***Рота технической и специальной разведки***

Главными задачами роты технической и специальной разведки являются сбор, обработка, анализ и представление командиру бригады и его штабу разведывательной информации в интересах обеспечения процессов планирования и оперативного управления боевыми подразделениями и частью в целом, а также принятия ими обоснованных и правильных решений [38].

Рота технической и специальной разведки бригады имеет типовую структуру и является отдельной (в бригадах "Страйкер") или входит в состав штабного батальона (в "тяжелой" и "легкой"). Вариант ее организационно-штатной структуры и вооружение представлены на рис. 4.5 [38].

Задача взвода воздушной разведки заключается в предоставлении командиру разведывательной видовой информации в режиме времени, близком к реальному, с целью обеспечения ситуационной осведомленности, а также в оказании помощи при осуществлении целеуказания и проведении оценки нанесенного ущерба при нанесении огневых ударов [38].

На вооружении взвода находятся: две наземные станции контроля, два наземных информационных терминала, переносная наземная станция контроля, один переносной наземный информационный терминал и четыре переносных видеотерминала, три БЛА, а также необходимые средства запуска, посадки и технического обеспечения. Имеющиеся силы и средства могут задействоваться в четырех случаях: для разведки маршрута, района, участка района и объекта [38].

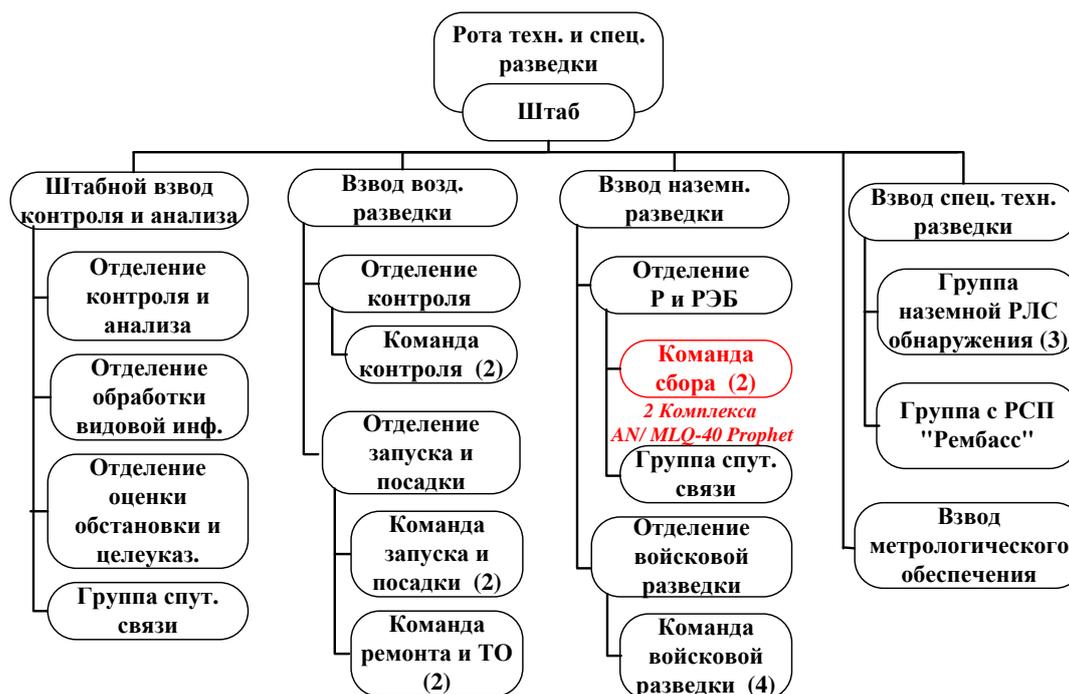


Рис. 4.5. Вариант организационно-штатной структуры роты технической и специальной разведки

В задачи взвода наземной разведки входят: обеспечение ситуационной осведомленности и целеуказания путем обнаружения, определения местоположения, идентификации и анализа сигналов как радио-, так и радиотехнических средств противника, контроль за их перемещением; радиоэлектронное подавление его РЭС, представляющих наибольшую угрозу, в зоне ответственности бригады; допрос военнопленных; обработка добытой документации и проведение контрразведывательных мероприятий [38]. Задачи РЭП выполняет отделение разведки и РЭБ, на вооружении команд сбора которого состоят два комплекса AN/MLQ-40 Prophet.

Задачами взвода специальной технической разведки являются предоставление данных об обстановке на поле боя, а также проведение целеуказаний посредством обнаружения, классификации и определения местоположения движущихся целей. Он собирает и передает информацию об обнаруженных движущихся целях, используя для этого радиолокационные станции и устанавливаемые разведывательно-сигнализационные приборы (РСП) [38].

Группы наземной РЛС обнаружения предназначены для поиска, определения местоположения, направления перемещения и классификации целей. Разведка осуществляется четырьмя способами [38]:

- автоматический поиск – используется для наблюдения за сектором (800–1 000 м или 1 600–2 000 м). Происходит автоматическое обнаружение всех целей в секторе.
- ручной поиск – обеспечивает возможность обнаружения движущихся целей в любом из заданных направлений (азимутов). Обнаруживаются все цели в секторе.
- поиск по дальности – позволяет обнаруживать цели на заданной дальности.
- "строб дальности" – дает возможность определить точное расстояние до цели, обнаруженной при других способах применения РЛС.

Во время ведения наступательных боевых действий группа наземной РЛС обнаружения обычно отвечает за контроль ситуации на флангах [38].

Для обнаружения целей средствами специальной технической разведки MASINT используется группа, оснащенная РСП "Рембасс". Одноименная приемная станция РСП размещается на удалении от датчиков до 15 км на земле (100 км в воздухе). При наступательных боевых действиях такая аппаратура находится на флангах передовых частей для раннего предупреждения о действиях противника. Кроме того, "Рембасс" может эффективно применяться в его тылу, но для этого необходимо задействовать подразделения глубинной разведки или воздушные носители [38].

### ***Бригада разведки поля боя***

Бригада разведки поля боя предназначена, в основном, для ведения разведки и наблюдения в зоне ответственности объединенного оперативного формирования или бригад, когда штатным комплектом это сделать невозможно. Информация, добываемая ее силами и средствами, в первую очередь о противнике, местности и метеоусловиях, а также о лояльности местного населения, используется в интересах формирования общей картины оперативной обстановки на поле боя. Организационно-штатная структура бригады разведки поля боя приведена на рис. 4.6 [38].

Задачей батальона военной разведки является ведение радио- и радиотехнической, войсковой, специальной технической разведки и РЭБ, контрразведки, а также воздушной видовой разведки (силами и средствами беспилотных воздушных комплексов БЛА) [38].

Одна из функций разведывательного батальона – ведение наземной разведки (обнаружение и наблюдение на поле боя). В его состав входят моторизованные разведывательные взводы войсковой разведки [38].

Рота связи в рамках обеспечения бригады современной системой связи развертывает широкополосную сеть передачи данных. Эта сеть позволяет бригаде наблюдения на поле боя организовывать связь со штабами формирования поддерживаемого штаба и взаимодействовать с органами разведки вышестоящих звеньев управления, расположенными в любой точке земного шара. Помимо развертывания системы связи рота обеспечивает проведение сетевых операций [38].

Рота тылового обеспечения осуществляет необходимое обеспечение штатных подразделений бригады. Она представлена тремя взводами: ремонтным, распределения и выдачи материальных средств и медицинского обеспечения [38].

В целях повышения эффективности разведывательного обеспечения и в зависимости от складывающейся обстановки бригада может усиливаться дополнительными подразделениями разведки и наблюдения. Например, в операциях по стабилизации обстановки бригада разведки поля боя может быть усилена подразделениями агентурной разведки. Кроме того, в интересах решения поставленных командованием задач бригаде могут быть переданы

в оперативное управление подразделения армейской авиации (АА) на базе разведывательно-ударных вертолетов и комплексов БЛА увеличенной дальности, а также востребуемые в последнее время силы наземной разведки, такие как специализированные инженерные подразделения (инженерной разведки) и подразделения РХБ-разведки [38].

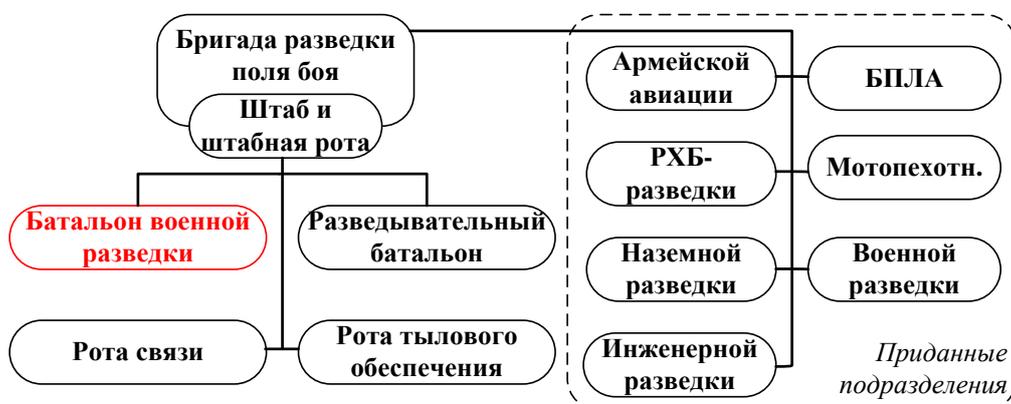


Рис. 4.6. Организационно-штатная структура бригады разведки поля боя

### 4.3. Приданные силы и средства РЭБ СВ США

#### *Типовая рота РЭБ СВ США*

Типовая рота РЭБ СВ ВС США предназначена для ведения воздушной и наземной радиоразведки и создания помех радиосетям (радионаправлениям) тактического звена управления [1, 11, 12].

В составе типовой роты РЭБ имеются три взвода [1, 11, 12].

1. Вертолетный взвод, на вооружении которого находятся два вертолетных комплекса РЭП Quick Fix II, включающие 2 станции РЭП для подавления радиосетей (радионаправлений) КВ- и УКВ-диапазонов. Носитель – вертолет EH-1H или EH-60A.

2. Взвод радиоразведки (радиоперехвата). На вооружении этого взвода находятся три наземные станции радиоразведки AN/TRQ-32 (КВ- и УКВ-диапазонов, рис. 4.7), включающие 6 постов радиоперехвата (3 – КВ и 3 – УКВ) и 1 пеленгаторную сеть (3 поста). Размещаются станции на 1,25-тонных автомобилях с прицепами.



Рис. 4.7. Наземная станция радиоразведки AN/TRQ-32

3. Взвод радиоподавления. На вооружении находятся:

- 2 наземных комплекса РЭП боеприпасов, оснащенных радиовзрывателями, AN/MLQ–34 Tascjam (диапазон 0,5–200 МГц, рис. 4.8), каждый из которых имеет по 3 передатчика помех. Размещаются на 2 гусеничных БТР М548;
- наземный комплекс радиоразведки и РЭП в КВ- и УКВ-диапазонах (1,5–80 МГц) AN/TLQ–17 Traffic Jam (рис. 4.9), имеющий один передатчик помех (КВ- или УКВ-диапазона). Размещается на автомобиле с одноосным прицепом.



Рис. 4.8. Комплекс РЭП боеприпасов AN/MLQ–34 Tascjam



Рис. 4.9. Наземный комплекс РР и РЭП AN/TLQ–17 Traffic Jam

Таким образом, рота РЭБ имеет возможности развернуть [1, 11, 12]:

- 12 постов радиоперехвата;
- 3 пеленгаторных поста (1 пеленгаторную сеть);
- 9 передатчиков помех.

Эти средства позволяют вести периодическое наблюдение за 35–50 радиосетями (радионаправлениями), определить в течение часа местоположение 60–80 радиостанций, создать помехи 1 КВ и 8 УКВ радиосетям (радионаправлениям).

Усиление роты РЭБ [1, 11, 12]:

- 1 вертолетный комплекс РЭП Quick Fix II;
- 1 + 2 наземных комплекса РЭП Traffic Jam;
- комплект забрасываемых передатчиков помех.

Время вскрытия системы связи составляет 2–3 ч.

Боевой порядок сил и средств типовой роты РЭБ строится в два эшелона. Вертолетные комплексы ведут разведку и подавление с высоты 60–180 м на удалении 4–8 км от линии соприкосновения войск. Дальность подавления – до 40 км [1, 11, 12].

Наземные станции радиоразведки развертываются в первом эшелоне в полосе 10–15 км на удалении 4–6 км от линии соприкосновения войск и обеспечивают пеленгование радиостанций на глубину до 25 км [1, 11, 12].

Станции помех комплексов Tacjam и Traffic Jam развертываются во втором эшелоне на удалении 3–4 км от линии соприкосновения войск и обеспечивают подавление радиосетей (радионаправлений) на глубину до 25 км [1, 11, 12].

### ***Типовой батальон разведки и РЭБ сухопутных войск США***

Типовой батальон разведки и РЭБ состоит из штаба и четырех рот [1, 11, 12]:

- оперативно-штабной;
- сбора данных и радиоэлектронного подавления;
- разведки и наблюдения;
- обслуживания.

В отдельных случаях типовой батальон разведки и РЭБ может состоять из следующих рот [1, 11, 12]:

- штабной и оперативной маскировки;
- радиоэлектронной борьбы;
- радиоразведки и контроля;
- обслуживания.

*Оперативно-штабная рота* обеспечивает управление силами и средствами разведки и РЭБ дивизий с центром управления боевыми действиями. Для этого рота выделяет в состав секции РЭБ штаба дивизий силы и средства, занимающиеся планированием РЭБ в боевых действиях, обработкой разведывательной информации, управлением и контролем. Кроме того, из состава роты выделяются силы и средства в состав центра технического анализа и контроля штаба дивизии. Его личный состав по указанию начальников оперативного и разведывательного отделений штаба дивизии разрабатывает задачи подразделениям батальона, обеспечивает контроль за действиями средств разведки и РЭП и нацеливает их на выполнение поставленных задач. Группа контроля безопасности связи роты кроме своего прямого назначения может использоваться для разработки и проведения по указанию оперативного отделения штаба дивизии мероприятий оперативной маскировки [1, 11, 12].

*Рота сбора данных и радиоэлектронного подавления* служит для выявления и подавления помехами РЛС и радиосвязи тактического звена на дальности 15–20 км. Ее взводы оснащены средствами РРТР и станциями радиопомех. В ее составе имеются [1, 11, 12]:

- комплекс радиоразведки КВ/УКВ-радиосвязи AN/TSQ–112;
- комплекс РТР типа AN/MSQ–103В, –С;
- по 3 наземных станции радиопомех УКВ-радиосвязи AN/MLQ–34 Tacjam, КВ/УКВ-радиосвязи AN/MLQ–39 и AN/VLQ–5.

Кроме того, в составе роты может быть 3 вертолета EH–60А со станциями помех КВ/УКВ-радиосвязи AN/ALQ–151 Quick Fix II и станциями AN/ALQ–143, предназначенными для радиотехнической разведки и постановки помех РЛС. Вертолеты EH–60А имеются также в составе бригад армейской авиации. Так, в тяжелой дивизии США имеется 12 вертолетов РЭБ EH–60А [1, 11, 12].

**Комплекс радиоразведки и управления AN/TSQ–112**, состоящий из 4 постов радиоперехвата (по 2 радиоприемных устройства в каждом), обеспечивает радиоперехват пе-

редач средств КВ/УКВ-радиосвязи в диапазоне 0,5–500 МГц и пеленгование 6–12 радиостанций в минуту в диапазоне 20–500 МГц. Система MSQ–103 Team Pack позволяет за час работы определить местоположение 6–9 РЛС в диапазоне 0,5–40 ГГц [1, 11, 12].

Мобильные станции радиопомех AN/TLQ–17A, AN/MLQ–34 и AN/VLQ–4 и вертолетный комплекс AN/ALQ–151 Quick Fix II предназначены для выявления и подавления КВ/УКВ-радиосвязи с амплитудой и частотной модуляцией; комплекс AN/ALQ–143 – для создания помех РЛС войсковой ПВО и наземной артиллерии [1, 11, 12].

**Комплекс РТР AN/MSQ–103B, –С** обеспечивает поиск, обнаружение, идентификацию и определение пеленга на источники радиоизлучения (ИРИ) – РЛС войсковой ПВО, полевой артиллерии и разведки поля боя) в диапазоне 500–40 000 МГц. Он смонтирован в защищенном кузове-контейнере, который установлен на базе БТР. В состав станции РТР входят: антенная система, три радиоприемных устройства, устройство обработки и отображения пеленговой информации на базе ЭВМ и аппаратура передачи данных. В ней используются цифровые радиоприемные устройства с расширенным диапазоном частот, способные обнаруживать и перехватывать сигналы с программной перестройкой рабочей частоты. Устройство обработки включает гиросtabilизированный приемоиндикатор с автоматической ориентацией изображения радиолокационной обстановки относительно направления на север, а также устройство преобразования выходных данных в единый формат [1, 36].

**Комплекс радиопомех AN/TLQ–17A** обеспечивает поиск и подавление КВ/УКВ-радиосвязи дивизий в диапазоне 1,5–80 МГц. Его приемник (всего в комплексе их 12) при создании помех настраивается на частоту подавляемой станции. Работой передатчика радиопомех управляет микро-ЭВМ. Аппаратура комплекса может размещаться в автомобиле грузоподъемностью 1,25 т с прицепом, или в БТР М–113, или на вертолете EH–1H [1, 11, 12].

**Станция радиопомех AN/MLQ–34**, установленная на БТР М–113 и прицепе, предназначена для подавления КВ/УКВ-радиосвязи тактического звена в диапазоне 20–150 МГц. Одна станция может подавлять до 3 радиосетей (радионаправлений) [1, 11, 12].

**Вертолетный комплекс AN/ALQ–151 Quick Fix II** (рис. 4.10), действуя совместно с наземной системой радиоразведки и управления TSQ–114, может создавать помехи КВ/УКВ-радиосвязи в диапазоне 2–76 МГц на дальности до 60 км. В состав комплекса входят пеленгаторная станция и бортовой вариант наземной мобильной станции помех AN/TLQ–17A. Комплекс AN/ALQ–143 позволяет выявлять и подавлять одновременно 4–6 РЛС войсковой ПВО и наземной артиллерии на дальности до 40 км [1, 11, 12].



Рис. 4.10. Вертолетный комплекс AN/ALQ–151 Quick Fix II

Всего рота сбора данных и РЭП может развернуть 12 постов радиоперехвата (по 6 для КВ- и УКВ-диапазонов), 6 радиопеленгаторных постов (по 3 для КВ- и УКВ-диапазонов), 3 поста радиотехнической разведки, 15 комплексов радиопомех КВ/УКВ-радиосвязи и наземным РЛС. Этими средствами рота может вести периодическое наблюдение за 24–36 радиосетями, создавать помехи 12 КВ- и УКВ-радиосетям, 6 РЛС, а также определять характеристики и местоположение 5–10 РЛС на дальности 30 км с точностью 50 м. Взвод РРТР обеспечивает выявление и радиопеленгование средств радиосвязи, а также анализ радиосигналов [1, 11, 12].

Таким образом, технические средства разведки и РЭБ СВ США обеспечивают ведение радиоразведки и радиоподавления тактической и оперативно-тактической связи в УКВ-диапазонах 1,5–500 МГц и 20–80 МГц соответственно. К наиболее распространенным средствам подавления в этом звене относятся [1, 11, 12]:

- вертолетный комплекс AN/ALQ–151(V)2 Quick Fix II;
- наземная станция AN/TLQ–17A(V)1 Traffic Jam;
- воздушно-наземный комплекс разведки и РЭБ AN/MLQ–40 Prophet.

Кроме того, опыт и практика войск показывают, что на вооружении сухопутных войск США имеются технические средства разведки и постановки помех радиорелейной, тропосферной и космической связи [1, 11, 12].

#### **4.4. Комплексы РЭБ СВ ВС США**

##### ***Наземная станция РЭП КВ- и УКВ-радиосвязи AN/TLQ–17A (V)1 Traffic Jam***

Наземная станция радиоэлектронного подавления КВ- и УКВ-радиосвязи AN/TLQ–17A (V)1 Traffic Jam обеспечивает ведение радиоразведки в диапазоне 1,5–80 МГц и постановку радиопомех в диапазоне 20–80 МГц.

В составе станции радиоразведки и радиоподавления имеются:

- радиоприемник РРТР – 2107/TLQ–17A диапазона 1,5–80 МГц;
- радиопередатчик РЭП – 1386/TLQ–17A диапазона 20–80 МГц;
- блок питания, комплект радиопеленгаторных антенн, радиостанция.

Станция автоматически контролирует 256 радиочастот и обеспечивает создание рациональной радиопомехи на одной частоте с контролем эффективности радиоподавления. Выходная мощность передатчика радиопомех составляет 550 Вт. Станция радиоразведки и радиопомех размещается на 0,25-тонном автомобиле повышенной проходимости М–151А1/А2, прицепе М–416, М–569.

##### ***Вертолетный комплекс радиоразведки и РЭП AN/ALQ–151(V)2 Quick Fix II***

Вертолетный автоматизированный комплекс радиоразведки и радиоподавления AN/ALQ–151(V)2 Quick Fix II предназначен для поиска, радиоперехвата, радиопеленгования и постановки радиопомех средствам тактической радиосвязи.

Носителем средств комплекса является вертолет EH–60А (модификация вертолета UH–60А Black Hawk) или вертолет EH–1Х и EH–1Н (модификация вертолета UH–1Н).

Комплекс AN/ALQ–151(V)2 Quick Fix II включает в себя [1, 39, 40]:

- радиоприемник R–2017/U в диапазоне 20–150 МГц;
- пеленгатор AN/ALQ–151 в диапазоне 1,5–80 МГц;
- станцию радиопомех AN/TLQ–27А в диапазоне 20–80 МГц;
- электронно-вычислительную машину AN/UYK–19(V);
- радиостанцию AN/ARC–164.

Комплекс обслуживается одним оператором.

Среднеквадратическая угловая ошибка радиопеленгования составляет 2°. Радиопеленгование осуществляется путем засечек радиостанции на маршруте полета (3 и более засечек)

или последовательным разворотом вертолета. Мощность станции радиопомех составляет 40–150 Вт в зависимости от диапазона при ширине полосы 10–25 кГц. Обеспечивается контроль эффективности постановки радиопомех [1, 39, 40].

Радиоразведка и постановка радиопомех вертолетным комплексом осуществляются с высоты полета 60–180 м в течение 2–2,5 ч на удалении 5–15 км от линии соприкосновения войск и на глубину противника до 30 км. При этом основные помехи планируется создавать тактической радиосвязи противника преимущественно в звене "батальон – полк", т. е. в боевых единицах, действия которых, по мнению американских экспертов, в наибольшей степени сковываются при потере управления [1, 39, 40].

Комплекс Quick Fix II взаимодействует с наземной системой радиоразведки AN/TSQ–114A Trailblazer, которая включает в себя 3 автоматических дистанционно управляемых пеленгатора и 2 станции радиоперехвата и управления синхронным пеленгованием, производимым со скоростью 6 целей в минуту [1, 40].

Планы модернизации комплекса предусматривали создание системы Advanced Quick Fix AN/ALQ–151(V)3, которая должна была стать составной частью воздушного компонента перспективной системы разведки и электронной войны IEWCS. Однако в связи со сворачиванием программы IEWCS комплекс AN/ALQ–151(V)3 эксплуатируется как самостоятельный вертолетный компонент РЭБ [1, 39].

### ***Комплекс РТР AN/TSQ–109 "Аггелиз"***

Комплекс AN/TSQ–109 "Аггелиз" является основным средством РТР тактического звена. Он предназначен для ведения РТР в диапазоне частот 0,5–18 ГГц на дальности до 30 км с точностью пеленгования ИРИ не более 1° (угломерный метод местоопределения) и среднеквадратической ошибкой определения местоположения в пределах 30–50 м (разностно-дальномерный) [1].

В состав комплекса входят три автоматизированные станции РТР и два пункта приема и обработки, один из которых управляет работой комплекса и пеленгаторной сетью передачи данных. Образованная станциями комплекса пеленгаторная сеть может включать также и самолетные станции РТР [1].

### ***Комплекс разведки и РЭБ IEWCS***

Модернизация систем РРТР и РЭБ сухопутных войск США началась в начале 90-х гг. XX в. с замены морально устаревших станций и комплексов, разработанных в основном для борьбы с аналоговыми средствами связи и передачи данных ВС Советского Союза [1, 41].

Станции AN/TSQ–138 Trailblazer, AN/TLQ–17 Traffic Jam, AN/TRQ–32 Teammate и ряд других, а также переносные средства РРТР и РЭБ на то время были довольно эффективными. Вместе с тем расширение рабочего диапазона частот в принимаемых на вооружение перспективных системах связи, применение современных способов обработки и передачи сообщений, появление новых протоколов, отвечающих за маршрутизацию и передачу сообщений, и другие инновации стали причиной начала НИОКР по созданию перспективных средств разведки и РЭБ, отвечающих современным требованиям [1, 41].

Совершенствование системы разведки и РЭБ сухопутных войск США происходило в направлении разработки перспективных комплексов по программе "Единые средства разведки и радиоэлектронной войны" (РЭВ) – IEWCS.

В комплекс датчиков IEWCS входят три подсистемы с общими радиоэлектронными модулями [1, 7, 41, 42]:

- универсальный датчик наземного базирования для "тяжелых" дивизий GBCS–H, в качестве которого будет использоваться система EFVS;
- универсальный датчик наземного базирования для "легких" дивизий GBCS–L, размещенный на многоцелевой колесной машине высокой проходимости;

– усовершенствованная система PPTP AN/ALQ–151(V)3 Advanced Quick Fix, устанавливаемая на вертолете EH–60 или на самолете.

Кроме того, по программе IEWCS разрабатывались различные средства PPTP и РЭБ воздушного базирования на самолетах и БПЛА, которые интегрировались с вышеуказанными датчиками (GBCS–H, GBCS–L, Advanced Quick Fix) в единую сетевую среду. Подробно проект IEWCS рассмотрен в работе [1, 42].

Вместе с тем в процессе доводочных и эксплуатационных испытаний первых образцов комплекса IEWCS были выявлены серьезные недостатки. Так, испытываемые образцы аппаратуры не обеспечивали требуемой точности определения местоположения объектов и целей разведки. Более того, в связи с несовершенством антенной системы и устанавливаемого программного обеспечения невозможно было провести испытания с использованием всего частотного диапазона. При этом в ходе проверки ревизионной комиссией министерства обороны США были обнаружены серьезные недостатки как в руководстве и управлении, так и в реализации всей программы разработки. По заключению комиссии, на проектирование и разработку комплекса ушло 9 лет, израсходовано более 902 млн. долларов, при этом было выпущено всего 12 комплектов аппаратуры для пехотных дивизий, и те исключают возможность проведения радиоэлектронных атак на РЭС противника. В результате в 1998 г. программа была признана неудачной и закрыта [1, 41].

### ***Мобильная система РЭБ EFVS***

Мобильная система РЭБ EFVS (Electronic Fight Vehicle System) наземного базирования была разработана фирмой FMC (США) и установлена на гусеничном БТР. Система EFVS снабжена телескопической антенной высотой 20 м. В этой системе используется часть комплекса универсальных датчиков разведки системы IEWCS [1, 7].

Системами EFVS и AN/ALQ–151 оснащены бронетанковые и механизированные дивизии. Воздушно-десантные и "легкие" дивизии оснащены системами GBCS–L и AN/ALQ–151 [1, 7].

В состав системы EFVS входят [1, 7]:

- оборудование объединенной системы распределения тактической информации JTIDS;
- оборудование скрытных систем передачи больших объемов информации в речевой форме;
- оборудование передачи данных усовершенствованной системы определения местоположения войсковых объектов EPLRS.

В дополнение к системе EFVS в ВС США по-прежнему используются наземные системы РЭБ, которые дополняют систему EFVS. К таким дополняющим системам можно отнести [1, 7]:

- тактическую систему AN/MLQ–34 TacJam, размещаемую на гусеничном шасси M1015 и предназначенную для постановки помех средствам связи в ОБЧ-диапазоне;
- систему AN/TLQ–17A Traffic Jam, устанавливаемую на грузовой автомашине и предназначенную для обнаружения средств связи ВЧ-, ОБЧ- и УВЧ-диапазонов и создания для них помех;
- систему перехвата сигналов радиосвязи и их анализа AN/TRQ–32 Teammate, размещаемую в аппаратной кабине машины M1028;
- систему обнаружения и идентификации РЛС противника AN/MSQ–103 Team Pack, устанавливаемую на шасси M1015;
- систему перехвата сигналов средств связи и пеленгации их источников AN/TSQ–114 Trailblazer, также устанавливаемую на шасси M1015.

### ***Воздушно-наземный комплекс разведки и РЭБ AN/MLQ–40 Prophet***

В основу структурно-схемных решений системы AN/MLQ–40 Prophet (рис. 4.11–4.12) положены наработки по программе IEWCS, которая после 9 лет реализации была закрыта.

Также, основу системы AN/MLQ-40 Prophet составляют наработки, полученные по программам наземного (GBCS-H/L) и воздушного (AN/ALQ-151(V)3 Advanced Quick Fix) компонентов IEWCS. При этом система Prophet строится преимущественно на базе использования коммерчески доступных компонентов и технологий, что, по мнению разработчиков, позволит существенно снизить общую стоимость системы и сократить время на ее модернизацию [1, 41, 43].



Рис. 4.11. Наземный мобильный компонент комплекса разведки и РЭБ AN/MLQ-40 Prophet



Рис. 4.12. Рабочее место оператора станции комплекса разведки и РЭБ AN/MLQ-40 Prophet

Главной задачей наземно-воздушного комплекса разведки и РЭБ AN/MLQ-40 Prophet является предоставление командирам тактического звена управления точных и своевременных данных о радиоэлектронной обстановке в зоне боевых действий, а также обеспечение

полного информационного превосходства над противником. В настоящее время это основной перспективный многосенсорный разведывательный комплекс тактического звена управления (поступает на вооружение формируемых бригад), предназначенный для ведения радио- и радиотехнической, специальной технической разведки, а также РЭБ [1, 41, 43].

Комплекс AN/MLQ-40 Prophet выполняет следующие задачи [1, 41, 43]:

- ведет РРТР;
- предварительно обрабатывает данные для формирования карты текущей радиоэлектронной обстановки;
- определяет координаты источников радиоизлучений для обеспечения целеуказания и оценки нанесенного ущерба;
- осуществляет РЭП средств радиолокации и связи в зоне своей ответственности.

Комплекс AN/MLQ-40 Prophet состоит из трех подсистем:

- подсистема управления и контроля;
- воздушная подсистема;
- наземная подсистема.

**Подсистема управления и контроля.** С помощью нее осуществляются постановка задач и контроль за компонентами воздушного и наземного базирования, а также сбор, обработка и предварительная оценка поступающих от них данных. Аппаратура подсистемы контроля обеспечивает обмен информацией с оперативными разведывательными органами дивизионного звена управления (группой анализа и управления, бригадной группы анализа и управления ASAS, а также позволяет использовать комплекс в качестве удаленной станции разведки системы ASAS. При этом планируется объединить подсистему контроля Prophet с перспективной системой сбора, обработки и распределения разведывательной информации сухопутных войск DCGS-A [1, 41, 43].

Подсистема контроля позволяет в реальном масштабе времени отображать данные об обнаруженных излучающих объектах для формирования карты радиоэлектронной обстановки на поле боя. Кроме того, данная подсистема имеет возможность отслеживать перемещение радиоизлучающих объектов во время их передислокации. Подсистема контроля комплекса AN/MLQ-40 Prophet состоит из двух идентичных комплектов аппаратно-программных средств, что обеспечивает высокую надежность и эффективную защиту этой подсистемы, раздельное базирование, работу в движении и непрерывность функционирования при передислокации [1, 41, 43].

**Воздушная подсистема** обеспечивает ведение РРТР, а также радиоэлектронное подавление формирований, находящихся на удалении 15–20 км от переднего края района боевых действий. В качестве носителей средств этой подсистемы выступают вертолет EH-60 Quick Fix и тактические БПЛА – Hantex и Shadow 200. Воздушная подсистема Prophet способна обнаруживать, идентифицировать, определять местоположение, а также осуществлять радиоэлектронное подавление источников радиоизлучения. С помощью воздушной подсистемы предполагается обеспечить эффективное ведение радиоразведки в диапазоне частот 20–2 000 МГц в зоне ответственности размером 150 × 50 км. Точность определения местоположения целей будет зависеть от дальности до них и составит на расстоянии до 40 км – 150–500 м, на расстоянии 80–120 км – от 450 до 1 500 м [1, 41, 43].

**Наземная подсистема** предназначена для непосредственной поддержки боевых бригад. Основой наземной подсистемы данного комплекса, получившего обозначение AN/MLQ-40(V)2, являются пеленгаторная станция AN/PRD-13 (рис. 4.13), состоящая из одного пеленгаторного приемника, работающего в диапазоне частот от 20 МГц до 2 ГГц, и двух контрольных (для перехвата радиосообщений) приемников. AN/MLQ-40, в отличие от предыдущих станций, имеет увеличенную полосу обзора, что позволяет проводить пеленгацию с автоматическим нанесением полученных данных на цифровую карту местности, осуществлять в движении обнаружение и пеленгацию целей, а также более низкие акустическую и тепловую сигнатуры. Аппаратура комплекса монтируется на автомобиле HMMWV, оснащенный антенной на 6-метровой выдвижной мачте. Время развертывания станции составляет 2 мин [1, 41, 43].



Рис. 4.13. Приемник-анализатор переносной станции AN/PRD-13(V)5

Модификация наземных станций AN/MLQ-40(V)3 может функционировать в трех вариантах: стационарно с 6-метровой телескопической антенной; в движении; а также в виде переносной станции PPTP с пеленгатором AN/PRD-13(V)2. Аппаратура AN/MLQ-40(V)3 позволяет перехватывать сигналы с амплитудной и частотной модуляцией, а также более сложные типы сигналов. Экипаж новой станции составляет 4 человека, а имеющиеся запасы продовольствия, снаряжения и топлива обеспечивают автономную работу в течение 72 ч. Оборудование станции AN/MLQ-40(V)3 включает блок аппаратуры PPTP в кузове машины и переносную станцию AN/PRD-13(V)2. Встроенная аппаратура состоит из приемника-анализатора MD-405A, трех антенн: телескопической, пеленгаторной MA-723 и направленной (логопериодической) антенны MA-458, а также из переносного компьютера и трех рабочих мест операторов. В состав первого рабочего места входит переносной компьютер, позволяющий подключаться к приемнику-анализатору MD-405A и отображать данные радиоэлектронной обстановки на площади  $150 \times 120$  км, формировать базу данных ИРИ, принимать и получать информацию от центров управления и командных постов, а также организовывать взаимодействие с другими станциями. Основу второго рабочего места составляет приемник-анализатор MD-405A, который является самым важным элементом переносной станции. Третье рабочее место включает в себя аппаратуру определения точного местоположения для обеспечения функционирования станции в движении и аппаратуру связи SINCGARS (Single Channel Ground and Airborne Radio System). Вместе с тем помимо радиостанции AN/PRD-13(V)2 к AN/MLQ-40(V)3 может подключаться и другая аппаратура связи, имеющая возможность передачи как голосовых сообщений, так и цифровых данных [1, 41, 43].

Планами командования СВ США предусматривалось, что комплекс Prophet будет функционировать как составная часть системы FCS, в составе боевых бригад различного функционального предназначения, а также формирований разведки и РЭБ, непосредственно подчиненных органам управления дивизионного уровня. Он позволит осуществлять визуализацию боевого пространства, проводить разведывательную подготовку боевых действий, выполнять мероприятия по выявлению и определению приоритетности целей, проводить подготовку и давать целеуказания, а также решать задачи радиоэлектронного подавления РЭС противника [1, 41, 43].

Дальнейшая модернизация комплекса Prophet велась за счет разработки станции AN/MLQ-40(V)4, в состав которой входит станция помех AN/USQ-146(V) (2–2 500 МГц),

а также пеленгаторный комплекс станции Prophet Block I (20 МГц – 3 ГГц) с возможностью отображения в реальном масштабе времени источников излучения на цифровой карте радиоэлектронной обстановки. Модернизация комплекса ProphetBlock I в вариант Block II/III завершилась в 2005 г. Дальнейшее совершенствование комплекса Prophet велось за счет разработки следующих двух версий – это Block IV и Block V. Block IV состоит на вооружении разведывательных формирований бригадного уровня и обеспечивает ведение радио- и радиотехнической, а также специальной технической разведки, а Block V – на вооружении бригад разведки поля боя перспективных формирований СВ США и дополнительно оснащается миниатюрными необслуживаемыми датчиками. Эти модификации, которые приняты на вооружение после 2008 г., представляют собой многофункциональные разведывательные комплексы с акустическими, инфракрасными и радиолокационными датчиками [1, 41, 43].

Полностью развернутый наземный комплекс будет состоять из пяти машин: двух машин РРТР и РЭБ, двух машин специальной технической разведки и одной машины управления [1, 41, 43].

По оценке американских специалистов, комплекс РРТР и РЭБ AN/MLQ-40 Prophet способен обнаруживать все современные типы сигналов, определять местоположение целей с точностью, необходимой для их поражения огневыми средствами, осуществлять радиоэлектронное подавление средств связи, радиолокации и сигналов СРНС противника, подготавливать точные данные об излучающих объектах на поле боя, обеспечивать защиту своих войск. Данный комплекс обладает необходимой в современных условиях боевой обстановки универсальностью и мобильностью, что позволяет быстро перебрасывать его в районы предназначения [1, 41, 43].

#### **4.5. Перспективные средства РЭБ СВ ВС США**

В конце XX в. под влиянием концепции сетецентрического управления в ВС США начали прорабатываться проекты построения децентрализованных многоэшелонированных систем разведки и РЭБ. При этом наибольших успехов в данном направлении добились производители авиационных комплексов РЭБ. В таких системах специализированные самолеты РЭБ, предназначенные для групповой защиты боевых порядков, дополняются режимами излучения помех, встроенными в АФАР самолетов истребительной и штурмовой авиации. В самое ближайшее время к этой связке будут добавлены специализированные БПЛА РЭБ, которые будут действовать в зонах ПВО противника. Подобное объединение планировалось и для сухопутных систем РЭБ, однако практика боевых действий в Ираке и Афганистане внесла свои коррективы. Таким образом, современное развитие наземных средств РЭБ США происходит под влиянием опыта применения сухопутных войск в локальных конфликтах, в которых они участвовали на рубеже XX–XXI вв. в Ираке и Афганистане [1].

Рассмотрим наиболее интересные проекты конца XX века и современные тенденции развития наземных средств РЭБ.

##### ***Наземный сетецентрический комплекс РЭБ Wolf Pack***

В США в конце 90-х гг. XX в. были начаты работы по созданию принципиально новых децентрализованных комплексов РЭБ для сухопутных войск. Заказчиком нового комплекса выступило управление DARPA. В соответствии с проектом, получившим наименование Wolf Pack, в результате НИОКР должно быть создан комплекс РРТР и РЭП основанный на сетецентрических принципах управления и ориентированный против тактических средств управления и связи противника [1, 44].

Необходимость создания такого комплекса, по мнению американских военных специалистов, обусловлена следующими основными причинами [1, 44].

Во-первых, состоящие на вооружении комплексы РЭБ, осуществляющие подавление РЭС противника, находясь в боевых порядках войск, создают при этом помехи также своим системам и средствам управления и связи.

Во-вторых, основными тенденциями развития систем радиосвязи в тактическом звене в настоящее время являются применение метода передачи с коммутацией пакетов и переход к работе с пониженными уровнями мощности излучений передающих средств, а в средствах радиолокации – все более широкое использование сигналов повышенной скрытности (с очень малой длительностью излучения, расширенным спектром и изменением несущей частоты от импульса к импульсу и т. д.).

В состав комплекса Wolf Pack входят управляющая станция и комплект распределенных на местности автономных малогабаритных приемопередающих устройств (МППУ), интегрированных в единую сеть. Эта сеть имеет открытую архитектуру построения, что позволит в последующем осуществлять ее модернизацию как на аппаратном, так и на программном уровне [1, 44].

Управляющая станция в сети решает задачи централизованного сбора данных о радиоэлектронной обстановке в реальном масштабе времени, контроля работоспособности и дистанционного перепрограммирования режимов работы МППУ в зависимости от обстановки и приоритетности выполнения задач [1, 44].

Комплект автономных МППУ осуществляет автоматический высокоскоростной анализ спектра в диапазоне 20–15 000 МГц, перехват сигналов средств радиосвязи и РЛС противника, в том числе повышенной скрытности, их идентификацию и определение местоположения на участке местности площадью до 100 × 100 км, а также создает оптимальные по мощности и виду радиоэлектронные помехи. Планируется, что мгновенная полоса обзора комплекса Wolf Pack будет не менее 2,5 ГГц, разрешающая способность – не хуже 1 кГц, а скорость поиска в разведываемом диапазоне составит 3 000 ГГц/с [1, 44].

Количество МППУ в комплекте определяется спецификой источников радиоизлучений противника и их предполагаемого расположения на местности. Данные МППУ имеют открытую модульную архитектуру построения и малые массогабаритные характеристики (менее 1,4 кг и 570 см) и обеспечивают непрерывную работу [1, 44]:

- в режиме ожидания – до 60 сут.;
- в режиме радиомониторинга – до 10 сут.;
- в режиме постановки активных радиопомех – 5–10 ч.

Предусматривается использование МППУ в непосредственной близости от объектов воздействия (от 100 до 1 000 м) с принятием мер защиты на аппаратном и программном уровнях в случае несанкционированного захвата этих устройств противником и попыткой использования их в своих целях [1, 44].

Основные достоинства комплекса Wolf Pack [1, 44]:

- высокая эффективность вскрытия радиоэлектронной обстановки;
- оптимальное подавление линий радиосвязи и комплексов ПВО противника целенаправленными маломощными помехами без задействования традиционных мощных средств РЭП;
- возможность использования комплекса в режиме противодействия средствам РРТР противника при ведении ими разведки систем связи и управления.

При решении задач вскрытия и отслеживания изменений радиоэлектронной обстановки на заданном участке местности комплекс Wolf Pack обеспечивает [1, 44]:

- перехват сигналов типовых средств радиосвязи (20–15 000 МГц) и радиолокации (в диапазоне 100–15 000 МГц);
- классификацию и идентификацию (при скорости ППРЧ 1 400 и более скачков в секунду) сигналов всех известных РЭС;
- определение менее чем за 2 с местонахождения радиостанций и РЛС противника с круговой вероятной ошибкой не более 10 м при условии установки МППУ на удалении 3–5 км от источников радиоизлучения.

Проработано несколько сценариев развертывания комплекса Wolf Pack в зависимости от оперативно-тактической обстановки. Например, когда предполагается, что противник в скором времени будет действовать на участке местности (в том числе в городских услови-

ях), который в настоящий момент находится под контролем своих сил, установка МППУ должна осуществляться аналогично тому, как формируется минное поле. В других случаях, когда местность контролируется противником, доставка МППУ в районы предназначения будет производиться пилотируемыми летательными аппаратами и БПЛА, разведывательно-диверсионными группами или высокоточными артиллерийскими снарядами. Предпочтительными местами установки МППУ являются деревья, холмы, естественные и искусственные возвышенности, то есть места, с которых обеспечивается хорошее прохождение радиоволн. При этом для эффективной работы комплекса требуется проведение предварительной разведки РЭС противника и местности, где будут расположены МППУ [1, 44].

При решении задачи подавления средств радиосвязи и ПВО противника предполагается три варианта боевого применения комплекса Wolf Pack [1, 44].

1. В случае, когда имеется минимальная информация о местонахождении объекта подавления на местности, осуществляется так называемая "всеобъемлющая атака". При этом задействуются все постановщики помех вблизи предполагаемого района нахождения РЭС противника. Помеха ставится на его рабочей частоте, и МППУ работают автономно с максимальной мощностью излучения.

2. При наличии данных о местонахождении объекта подавления и прямой его радиовидимости комплекс задействуется в режиме "направленной атаки". В таком случае постановщики помех работают в сети и с пониженной мощностью излучения.

3. При точном знании местонахождения подавляемого РЭС и его режимов работы, а также наличия прямой радиовидимости используется режим "точной атаки". При этом задействуется одно или несколько МППУ в режиме постановки помехи относительно малой мощности.

Решение задачи подавления средств ПВО противника будет осуществляться комплексом Wolf Pack путем обнаружения, идентификации, определения местоположения РЛС и постановки им, а также линиями радиопередачи пусковыми установками оптимальных по типу и мощности радиопомех. Формирование и излучение сигналов помех производятся одним или несколькими МППУ, расположенными наиболее близко от объектов подавления. При применении комплекса Wolf Pack для радиоэлектронной защиты своих систем связи и управления от РРТР противника предполагается размещать МППУ вблизи его соответствующих средств и обеспечить их функционирование в режиме постановки шумовых или дезинформирующих помех [1, 44].

При этом по расчетам разработчиков, любой из вышеприведенных вариантов боевого применения комплекса Wolf Pack будет создавать более эффективные помехи в сравнении с традиционными средствами РЭП [1, 44].

Анализ сценариев боевого применения состоящих на вооружении СВ США комплексов РЭП в интересах обоснования ТТХ комплекса Wolf Pack показал следующее. Самолет РЭБ EA-6B Prowler при подавлении РЭС противника на удалении 400 км создает помеховый сигнал его приемным устройствам с уровнем мощности, не превышающим 1 Вт. При этом в радиусе около 20 км от самолета будут создаваться помехи с уровнем мощности более 400 Вт. Наземная типовая станция РЭП для подавления работы радиопередачи (мощность сигнала около 50 Вт) между объектами противника, удаленными от нее на расстояние до 50 км, должна создавать помеху с уровнем мощности более 50 кВт. При этом в обоих случаях эффективная работа своих средств связи и управления практически будет невозможна. В то же время одно МППУ комплекса Wolf Pack при размещении от объектов подавления на удалении до 1 км обеспечивает эффективное решение этой задачи постановкой помехи с уровнем мощности менее 10 Вт [1, 44].

Разработка комплекса Wolf Pack велась в несколько этапов. Тактико-техническое обоснование облика комплекса было завершено в 2004 г. Опытная эксплуатация и решение о серийном производстве комплекса планировалось на 2006 г. [1, 44].

В 2000-х гг. американское военно-политическое руководство рассматривало принятие на вооружение подразделений сухопутных войск комплекса Wolf Pack в качестве одного

из важных элементов реализации сетецентрической концепции в РЭБ, а также как перенос акцента с традиционных форм воздействия на противника к противоборству в информационно-интеллектуальной области путем завоевания превосходства благодаря установлению полного контроля за функционированием РЭС, используемых противником в системах управления и связи [1, 44].

Однако практика боевых действий в Ираке и Афганистане, где сухопутные войска США столкнулись с массовым применением радиоуправляемых самодельных взрывных устройств, внесла коррективы в планы развития наземных систем РЭБ.

Придорожные осколочно-фугасные самодельные взрывные устройства направленного действия инициировались звонком на установленные в них простейшие мобильные телефоны. Именно от них американский войсковой контингент в Ираке и Афганистане понес наибольшие безвозвратные потери [1, 45].

К 2005 г. сухопутные войска США в экстренном порядке разработали и приняли на вооружение систему РЭБ Duke, предназначенную для радиоэлектронного противодействия радиоуправляемым самодельным взрывным устройствам за счет подавления сигналов мобильной связи и беспроводных радиосетей (типа Wi-Fi), используемых для дистанционного управления этими устройствами. В дальнейшем командование сухопутных войск перешло к проработке вопросов создания "Интегрированной системы электронной войны" – IEWS (The Integrated Electronic Warfare System), которая частично заимствует наработки программы IEWCS, закрытой в 1998 г., но с учетом новейших тенденций, ориентированных на использование децентрализованных сетецентрических технологий [1].

### ***Интегрированная система электронной войны IEWS***

Интегрированная система электронной войны IEWS (Integrated Electronic Warfare System) является наземной системой РЭБ, основанной на модульной масштабируемой открытой архитектуре, которая предназначена для проведения радиоэлектронных атак против противника и обеспечения радиоэлектронной защиты сухопутных войск в тактическом и оперативно-тактическом звеньях управления [1, 46].

Система IEWS включает в себя 3 подсистемы [1, 46]:

- многофункциональный комплекс РЭБ MFEW (Multi-Function Electronic Warfare);
- комплекс планирования и управления радиоэлектронной борьбой EWPMT (Electronic Warfare Planning and Management Tools);
- комплекс радиоэлектронной защиты DEA (Defensive Electronic Attack).

Многофункциональный комплекс РЭБ MFEW объединит единым управлением наземные средства РЭБ, а также средства РЭБ воздушного базирования на самолетах и БПЛА и обеспечит проведение радиоэлектронных атак, а также радиоэлектронную защиту подразделений оперативно-тактического звена до бригады включительно. Основные усилия разработчиков комплекса направлены на разработку программного обеспечения, которое позволит организовать совместные действия разнородной территориально-распределенной группировки средств РЭБ наземного и воздушного базирования. Кроме того, большое внимание уделяется разработке новых маломощных режимов излучения помех при совместном использовании различных средств РЭБ [1, 46, 47].

Комплекс планирования и управления радиоэлектронной борьбой EWPMT в автоматизированном режиме обеспечит подготовку решения по планированию электромагнитного спектра между различными средствами связи, РРТР и РЭБ, а также по скоординированным режимам работы вышеуказанных средств, в зависимости от решаемых боевых задач и воздействия средств РЭБ противника. Комплекс EWPMT представляет собой систему интеграции данных о возможных и текущих режимах работы различных РЭС – РЛС управления огнем, РЛС опознавания и наведения, средств связи, средств РРТР и РЭБ и т. д. Комплекс EWPMT позволяет в режиме реального времени сформировать и визуализировать общую картину электромагнитной оперативной обстановки с учетом режимов работы своих РЭС

и аналогичных средств противника. Американские эксперты считают, что комплекс EWPMТ выступит своеобразной АСУ, интегрирующей в себе функции управления режимами работы своих РЭС (радиолокации и связи), функции координации режимов работы средств РРТР и РЭБ, а также функции хранения, идентификации и моделирования текущих и возможных режимов работы РЭС противника. Это позволит обеспечить информационное превосходство сухопутных войск США при планировании электромагнитного спектра, а также решение задач радиоэлектронного подавления противника при одновременной электромагнитной совместимости своих радиосредств [1, 46, 47].

Комплекс радиоэлектронной защиты DEA основан на разработках, выполненных по программе Duke, и обеспечивает защиту мобильных сил и средств, а также находящихся на стационарных местах дислокации от радиоуправляемых самодельных взрывных устройств. Фактически комплекс DEA является распределенной интегрированной системой управления носимыми и возимыми индивидуальными и групповыми средствами защиты от самодельных взрывных устройств. Индивидуальные средства предназначены для защиты отделения или отдельных военнослужащих, а возимые групповые средства, размещаемые на машинах, – для защиты передвижных групп, эшелонов или мест постоянной дислокации подразделений. Эти средства были разработаны по программе Duke и ориентированы на обнаружение, идентификацию и подавление помехами средств мобильной и транкинговой связи, радиосредств Wi-Fi и других подозрительных излучений, которые могут быть использованы иррегулярными воинскими формированиями для подрыва самодельных взрывных устройств. Объединение таких средств защиты в единую распределенную систему позволит получать оперативную информацию о подозрительной активности в радиодиапазоне, определении координат источников радиоизлучения, привязке этих данных к цифровой карте местности, коррекции маршрутов движения подразделений и воинских эшелонов в реальном масштабе времени, а также вести целеуказание для нанесения огневых ударов [1, 46, 47].

Таким образом, развитие современных наземных средств РЭБ ведется по пути интеграции разнородных наземных систем в единые территориально распределенные разведывательно-ударные комплексы РЭБ. При этом в наземные системы активно интегрируются воздушные компоненты – самолеты и БПЛА, – которые ведут РРТР и РЭП на больших расстояниях в интересах подразделений сухопутных войск.

## 5. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

### 5.1. Общие принципы функционального поражения радиоэлектронных средств электромагнитным излучением

*Функциональное радиоэлектронное поражение электромагнитным излучением* (ЭМИ) – функциональное поражение РЭС, заключающееся в разрушении и/или повреждении элементов РЭС противника электромагнитным излучением. Оно может проводиться путем использования однократных или многократных импульсных электромагнитных воздействий, приводящих к необратимым изменениям электрофизических параметров в полупроводниковых или оптико-электронных элементах РЭС в результате их перегрева или пробоя [31, 48].

Основным отличием функционального радиоэлектронного поражения от подавления являются физические принципы нанесения ущерба. При функциональном радиоэлектронном поражении ущерб причиняется путем необратимого (катастрофического) или обратимого (восстанавливаемого) изменения физико-химической структуры элементов РЭС вследствие воздействия электромагнитных полей на материалы, входящие в состав электронных и полупроводниковых приборов и других компонентов этих систем. Эффект воздействия средств функционального радиоэлектронного поражения на РЭС основан на возможности изменения физико-химических свойств электро- и радиоматериалов при облучении их сильными электромагнитными полями (ЭМП). Необратимые изменения свойств вещества, приводящие к качественно новым образованиям с иной электромагнитной структурой, происходят при значительной энергии воздействующего ЭМИ [15].

В зависимости от мощности, длительности импульсов, рабочей частоты источника ЭМИ и расстояния до РЭС эффекты от электромагнитного воздействия могут быть различными – от кратковременного снижения качества функционирования и временной потери работоспособности РЭС до его полного повреждения или разрушения за счет перегрева или полевого пробоя [15].

Поражающее воздействие ЭМИ на РЭС осуществимо как в полосе их рабочих частот, так и по побочным каналам [15].

При воздействии ЭМИ на метровых и более длинных волнах на металлических корпусах РЭС наводятся значительные ЭДС, отказывают различные электронные схемы и исполнительные элементы. При воздействии ЭМИ в дециметровом или сантиметровом диапазоне волн, совпадающем с рабочим диапазоном РЭС, повреждаются входные устройства (в частности, СВЧ-диоды). Миллиметровые волны проникают в щели экранов, повреждая как входные цепи, так и экранированные микропроцессорные устройства.

При взаимодействии мощных СВЧ-колебаний с элементами и узлами РЭС могут наблюдаться два эффекта [31]:

1. Наведение на контурных элементах (выводах полупроводниковых приборов, печатных проводниках и т. д.) СВЧ-мощности, которая приводит к электрическим перегрузкам.
2. Непосредственное взаимодействие СВЧ-импульсов со структурой и материалом полупроводникового элемента.

Мощности ЭМИ, формируемых известными средствами функционального радиоэлектронного поражения, могут превышать десятки ГВт, длительности импульсов ЭМИ лежат в пределах от миллисекунд до наносекунд. При этом в большинстве практических случаев функциональное поражение РЭС при применении ЭМИ имеет место при отказе хотя бы одного из основных его полупроводниковых элементов.

Перечень типовых нарушений работоспособности радио- и электротехнического оборудования РЭС при их эксплуатации в условиях воздействия ЭМИ приведен в табл. 5.1 [8, 49].

**Типовые нарушения работоспособности радио- и электротехнического оборудования  
РЭС при воздействии ЭМИ**

Тип устройства	Характер нарушения	Причина нарушения
1. Антенно-фидерные устройства	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отказ антенного коммутатора;</li> <li>– пробой изоляции антенны, излучателя и кабельной системы фидера;</li> <li>– выход из строя входных устройств приемника и выходных устройств передатчика;</li> <li>– все нарушения в основном носят необратимый характер</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– появление перенапряжений в АФУ;</li> <li>– низкая электрическая прочность входной элементной базы</li> </ul>
2. Приемные и передающие устройства, генераторы синусоидальных сигналов и сигналов специальной формы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обратимые изменения электрического режима СВЧ-генераторов;</li> <li>– временное увеличение коэффициента шума, изменение коэффициента шума, частоты и мощности генерируемых сигналов;</li> <li>– сбои, выдача ложных импульсов и подавление полезных сигналов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– превышение по амплитуде полезных сигналов наводками;</li> <li>– перекрытие спектров полезных сигналов спектрами помеховых наводок;</li> <li>– высокая чувствительность полупроводниковых элементов</li> </ul>
3. Устройства управления, стабилизации и формирования команд	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сбои в структуре команд;</li> <li>– выдача ложных команд по разрядам кодовых групп;</li> <li>– уменьшение амплитуды полезных сигналов;</li> <li>– ложные срабатывания при обработке команд, их исполнении и отработке</li> </ul>	наложение импульсов помех в цепях устройств на формируемые полезные сигналы и их суперпозиция во времени
4. Линейные усилители	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выход из строя входных и выходных цепей;</li> <li>– искажение формы входных (выходных) сигналов и появление ложных сигналов;</li> <li>– самовозбуждение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– появление перенапряжений в линиях связи;</li> <li>– низкая электрическая прочность входных элементов усилителей;</li> <li>– изменение тока поджига защитных разрядников</li> </ul>
5. ЭВМ и цифровые системы автоматики и управления	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сбои в работе, нарушение нормального хода программ;</li> <li>– потери информации в регистрах оперативной памяти;</li> <li>– ошибки и искажения вводимой и получаемой информации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– наводки во внешних и внутренних цепях и схемах;</li> <li>– выход из строя систем ввода и вывода информации</li> </ul>
6. Источники питания	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выход из строя первичных и вторичных источников электропитания;</li> <li>– значительные амплитудные изменения выходного напряжения первичных источников и временное пропадание выходного напряжения вторичных источников питания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– перенапряжение в питающих ЛЭП;</li> <li>– срабатывание линейной защиты и скачки тока и напряжения в питающих линиях;</li> <li>– наводки по цепям питания и системам заземления;</li> <li>– низкая электрическая прочность элементов преобразования</li> </ul>

К достоинствам средств функционального поражения ЭМИ можно отнести [14, 15, 31]:

- расширение круга решаемых задач за счет возможности выведения из строя РЭС, не излучающих в пространство;

- очень высокую степень универсальности поражения, эффективное воздействие на РЭС с высокой помехозащищенностью;
- снижение в ряде случаев требований к качеству развединформации (по местоположению, частотному диапазону, параметрам сигналов), которая необходима для поражения РЭС противника;
- отказ от сложнейших средств анализа и имитации сигналов, подавляемых РЭС, которые традиционно используются в РЭП;
- внеполосность (способность ЭМИ проникать внутрь РЭС помимо их полосы пропускания);
- эффективность поражением ЭМИ практически не зависит от функционального назначения поражаемых РЭС.

Основными недостатками средств функционального поражения ЭМИ являются [14, 15, 31]:

- плохая электромагнитная совместимость (этот недостаток может быть ограничен разнесением РЭС в пространстве, использованием направленных антенн и внедрением индивидуальных устройств защиты собственных РЭС от мощного ЭМИ);
- негативное воздействие мощного ЭМИ на биологические объекты.

**Электромагнитное оружие (ЭМО).** Принцип действия электромагнитного оружия основан на кратковременном электромагнитном излучении большой мощности, способном вывести из строя РЭС, составляющие основу любой информационной системы. Характеристика некоторых видов электромагнитного оружия приведена в табл. 5.2.

Таблица 5.2

#### Характеристика некоторых видов электромагнитного оружия

Вид оружия	Вероятность применения	Радиус поражения	Поражаемые цели (в зависимости от частоты излучения)	Потенциальные пользователи
Ядерный генератор электромагнитного излучения большой амплитуды	Умеренная	В радиусе до 2 400 км	Электронное оборудование, компьютеры, датчики, связь, автомобили, системы передачи энергии, элементы гражданской инфраструктуры	Ядерные державы, обладающие баллистическими ракетами
СВЧ-оружие	Низкая	Существующие СВЧ-средства пока не излучают энергии, достаточной для поражения интегральных схем на достаточном расстоянии	Интегральные схемы, печатные платы, переключательные реле	США, Англия, Австралия, Швеция
Электромагнитная бомба – взрывоманитный генератор (ВМГ)	Высокая	~ 175 м	Незащищенные радиоэлектронные системы, соединенные проводами длиной более 75 м	Террористы
Осциллирующий виртуальный катод, СВЧ-генератор типа "варикатор"	Умеренная	~ 150 м	Интегральные схемы, переключательные реле	Любая страна

Элементная база РЭС весьма чувствительна к энергетическим перегрузкам. Поток электромагнитной энергии достаточно высокой плотности способен выжечь полупроводниковые переходы, полностью или частично нарушив их нормальное функционирование. Даже у кремниевых сильноточных биполярных транзисторов, обладающих повышенной стойкостью к перегревам, напряжение пробоя составляет 15–65 В, а у арсенид-галлиевых приборов – 10–12 В. Запоминающие устройства имеют пороговые напряжения порядка 7 В, типовые логические интегральные схемы на МОП-структурах – 7–15 В, а микропроцессоры обычно прекращают свою работу при 3,3–5 В [15].

Кроме того, анализ результатов отечественных и зарубежных исследований воздействия импульсов ЭМИ наносекундного диапазона напряженностью 2–10 кВ/м (при частоте следования импульсов порядка 1 МГц) на вычислительные блоки и микропроцессоры РЭС показал, что уровни наводимых напряжений приводят к отказам этих элементов и ложным срабатываниям в них, что делает практически невозможным корректное функционирование в них ПО [50, 51].

Перспективность электромагнитного оружия прежде всего связана с широким распространением в мире электронной техники, которая решает весьма ответственные задачи, в том числе и в сфере безопасности. В настоящее время, когда войска и инфраструктура многих государств до предела насыщены электроникой, внимание к средствам ее поражения стало весьма актуальным. Хотя электромагнитное оружие характеризуется как нелетальное, специалисты относят его к категории стратегического, которое может быть использовано для выведения из строя объектов системы государственного и военного управления [52].

Электромагнитное оружие может быть создано как в виде стационарных и мобильных электронных комплексов направленного излучения, так и в виде электромагнитных боеприпасов, доставляемых к цели с помощью снарядов, мин, управляемых ракет, авиабомб и т. п.

Более подробные сведения о функциональном поражении на основе ЭМИ представлены в работах [14, 15, 31, 50, 51].

## **5.2. Особенности радиоэлектронного поражения СВЧ-излучением**

Основу оружия функционального поражения составляют мощные СВЧ-генераторы сантиметрового и миллиметрового диапазонов [7].

Сверхвысокочастотное оружие (СВЧ-оружие) – электромагнитное оружие, поражающим фактором которого является сверхмощное электромагнитное излучение СВЧ-диапазона (0,3–300 ГГц). Ввиду того, что к электромагнитным волнам СВЧ-диапазона довольно часто применяется обобщенное понятие "микроволновое излучение", иногда СВЧ-оружие называют "микроволновым оружием".

СВЧ-оружие (или микроволновое, НРМ – High Power Microwave) является разновидностью радиочастотного оружия (RFW – Radio Frequency Weapon) и использует принцип функционального радиоэлектронного поражения ЭМИ.

Вместе с тем СВЧ-оружие специально выделяется из радиочастотного оружия вследствие ряда его существенных преимуществ [53]:

- малая длина волны позволяет передавать поражающую энергию с меньшими потерями;
- большинство целей имеют так называемые "окна уязвимости" в определенных диапазонах частот, что позволяет реализовывать высокоэнергоемкие механизмы поражения.

Источниками мощного ЭМИ для СВЧ-оружия могут быть энергия ядерного взрыва, мощные релятивистские СВЧ-генераторы (взрывоманнитные, магнитокумулятивные), обычные электровакуумные СВЧ-генераторы (усилители), в том числе с временной компрессией излучаемых импульсов, твердотельные генераторы с полупроводниковыми коммутаторами, генераторы с газовыми коммутаторами и др. В качестве излучателей также могут применяться аппретурные антенны (зеркальные, рупорные), а также ФАР и АФАР [53].

В конце 70-х гг. в связи с исследованиями термоядерного синтеза за рубежом активизировались работы в области средств функционального поражения. В лаборатории вооружения ВВС США была создана полигонная установка с диапазоном частот 0,8–40 ГГц, с импульсной выходной мощностью виркатора до 1 ГВт, предназначенная для исследования воздействия мощных СВЧ-излучений на образцы вооружения и РЭС различного назначения [7].

Основным показателем устойчивости элементной базы к воздействию ЭМИ являются критериальные уровни поражения, определяемые величиной мощности, при которой возникают восстанавливаемые и невосстанавливаемые отказы в элементах РЭС.

В табл. 5.3 и 5.4 приведены энергетические уровни поражения некоторых элементов, блоков и узлов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) [7].

Таблица 5.3

**Энергетические уровни поражения элементов РЭС при воздействии СВЧ-импульсов**

Тип прибора	Энергия повреждения, мкДж
СВЧ-диоды	0,1–10
Интегральные схемы	0,1–300
Цифровые интегральные схемы	80
Полевые транзисторы	10
Маломощные транзисторы	$1 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^4$
Транзисторы средней и большой мощности	$400$ – $4 \cdot 10^4$
Выпрямительные диоды	$100$ – $4 \cdot 10^5$
Быстродействующие переключающие диоды	20
Туннельные диоды	500
Кремниевые тиристоры	3000
Низкочастотные транзисторы	–

Таблица 5.4

**Уровни функционального поражения некоторых блоков и узлов РЭС при воздействии импульсного СВЧ-излучения**

Тип изделия	Плотность потока энергии, Вт/см <sup>2</sup>	Поток энергии, Дж/см <sup>2</sup>	Длительность импульса, с	Частота следования импульсов, кГц	Длительность воздействия, с
Усилители системы управления	10–40	$10^{-2}$ – $4 \cdot 10^{-2}$	$10^{-3}$	–	–
Узлы системы управления на ИС и БИС	70–600	$0,7 \cdot 10^{-2}$ – $6 \cdot 10^{-2}$	$10^{-6}$	1	1
Элементы радиопередатчиков	$10^4$ – $10^5$	$10^{-3}$ – $10^{-4}$	$10^{-7}$	–	–
Радиоприемники через антенну с $S_{эфф} = 1$ – $2 \text{ м}^2$	1–100	$10^{-5}$ – $10^{-6}$	$10^{-7}$	–	–
Телевизионные системы на видеоканалах (повреждение видеоусилителя)	$3 \cdot 10^3$ – $5 \cdot 10^3$	0,6–2	$2 \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-4}$	–	–

Критериальные (критические для поражаемого оборудования) уровни функционального поражения широкой номенклатуры РЭС отличаются большим разбросом и могут составлять от 10 до 5 000 Вт/см<sup>2</sup>. Типовые критериальные уровни различных полупроводниковых приборов приведены в работах [14, 31]. При этом наиболее уязвимыми элементами РЭС являются СВЧ-диоды, работающие во входных трактах преобразователей частоты, интегральные микросхемы и диоды с точечным контактом.

Развитие направления исследований по функциональному поражению РЭС за счет СВЧ ЭМИ привело к разработке так называемых ВМГ мощных импульсов электрического

тока. Якорь такого генератора представляет собой сосредоточенный металлический проводник (лайнер), перемещаемый продуктами разлета мощного взрывчатого вещества и компрессирующий магнитное поле из объема генератора в электрическую нагрузку. Однако недостатком такого генератора является то, что он уничтожается в каждом эксперименте. Замена металлического лайнера на компактный сгусток электропроводящей плазмы позволила создать неразрушимый генератор, способный работать в режиме генерации серии мощных электрических импульсов. ВМГ имеют наилучшие массогабаритные показатели и наивысшие абсолютные значения выходной мощности. В качестве первичных накопителей энергии, используемых для запитки подобных генераторов, кроме известных емкостных и индуктивных накопителей энергии, необходимо отметить сверхпроводящие индуктивные накопители энергии, выполненные на высокотемпературных сверхпроводящих материалах, которые характеризуются сравнительно высоким значением критических магнитных полей ( $\approx 100$  Тл) при токе  $10^3$ – $10^7$  А и мощностью  $10^{12}$  Вт, которая эквивалентна энергии  $10^9$  Дж.

В табл. 5.5 приведены некоторые характеристики нескольких типов мощных СВЧ-генераторов миллиметрового и сантиметрового диапазонов волн [7].

Таблица 5.5

**Характеристики некоторых мощных СВЧ-генераторов миллиметрового и сантиметрового диапазонов волн**

Тип генератора	Частота, ГГц	Длительность импульса	Выходная мощность	КПД, %	Примечание
Гиратрон с импульсным соленоидом, обладающий стабилизируемым носителем энергии	500	2 мкс	Более 100 кВт		Эксперимент
Гиратрон с высокой эффективностью моды $TE_{031}$	140	2 мкс	100 кВт	30	Эксперимент
Гиратрон с резонаторами моды $TE_{031}$	100	–	1000 кВт	–	–
Виркатор	До 40	3–5 нс	до 1 ГВт	–	–
Релятивистский гиратрон	35	55 нс	0,2 ГВт	–	Разработан
Взрывомагнитный генератор	–	1 мкс	$10^{10}$ кВт	–	Разработан в Лос-Аламосе

Как видно из табл. 5.5, наиболее короткие импульсы достигаются в виркаторах, а наибольшая выходная мощность реализуется во взрывомагнитных генераторах. Современный уровень развития СВЧ-генераторов обеспечивает выделение в нагрузке энергии  $10^7$ – $10^8$  Дж, мощность которой эквивалентна мощности энергии, освобождающейся при взрыве заряда взрывчатого вещества массой 10 кг [7].

Наибольший эффект от использования СВЧ-оружия предполагается достигнуть за счет воздействия на РЭС противника критически важной военной и государственной инфраструктуры. С его помощью можно нарушать работу любых электронных систем. Перспективные магнетроны и клистроны мощностью до 1 ГВт с использованием антенн с фазированной решеткой позволят фактически парализовать аэродромы, стартовые позиции ракет, центры и пункты управления, навигационные системы, вывести из строя системы государственного управления, системы управления войсками и оружием, а также блоки управления, установленные на управляемом оружии. Кроме того, в качестве целей для СВЧ-оружия рассматриваются системы ПВО, а также объекты, представляющие повышенную опасность для окружающей среды (химические заводы, атомные станции и др.), что позволит выводить их из строя без утечки опасных компонентов за пределы контролируемой зоны. Это выдвигает СВЧ-оружие в разряд наиболее приоритетных вооружений будущего [52, 54].

Начиная с 1995 г. за рубежом ведутся интенсивные исследования и разработки средств РЭБ функционального поражения, использующих энергию ЭМИ и СВЧ ЭМИ,

с дальностью действия более 10 км, у которых мощность в импульсе достигает нескольких гигаватт, а длительность импульса составляет наносекунды. Такие средства функционального поражения используются для вывода из строя линий радиосвязи и систем управления [7].

Боевые комплексы СВЧ-оружия могут быть созданы в вариантах наземного, воздушного и космического базирования. По мнению разработчиков, возможны и другие модификации СВЧ-аппаратов, позволяющие оборудовать такими установками корабли, самолеты, вертолеты. Данное оружие может быть использовано для обнаружения и выведения из строя БПЛА-разведчиков, а также любых электронных устройств, которыми располагают войска противника [52].

Наиболее активными в области создания СВЧ-оружия сегодня являются США, Великобритания, Германия и Израиль [54].

В США работы по созданию СВЧ-оружия осуществляются всеми видами ВС, а также министерством энергетики.

Разрабатываемое в США СВЧ-оружие относится [53]:

- к тактическому (наземные, корабельные и авиационные комплексы);
- стратегическому (наземный комплекс противокосмической обороны).

Основные направления НИОКР по СВЧ-оружию, проводимых в интересах армии США, включают [53]:

- развитие компонентной базы;
- модельные и натурные оценки эффективности поражения (стойкости к СВЧ-излучению американских и зарубежных образцов ВВТ);
- реализацию целевых объектов создания комплексов СВЧ-оружия для вертолетов армейской авиации и беспилотных летательных аппаратов, защиты наземных объектов, а также ведения противоминной борьбы.

По виду базирования СВЧ-оружие можно классифицировать [53]:

- как забрасываемые средства (СВЧ-генератор используется вместо обычного взрывчатого вещества на ракетах, снарядах и авиабомбах) однократного (невозвращаемые) или многократного применения (возвращаемые);
- стационарные и мобильные СВЧ-установки, устанавливаемые на различных носителях (автомобиль, самолет, танк и т. д.), многократного применения.

По типу первичного источника энергии СВЧ-комплексы можно классифицировать [53]:

- как обычные;
- взрывные.

В части забрасываемых СВЧ-средств в США в течение нескольких десятилетий ведется разработка СВЧ-боеприпасов для установки вместо традиционных (на основе взрывчатых веществ) бетонобойных боевых частей управляемых и неуправляемых авиационных бомб, а также крылатых ракет. Такие боеприпасы планируется применять на фоне обычных огневых средств для подавления информационно-управляющей инфраструктуры противника, а также для поражения других объектов, насыщенных вычислительной и радиоэлектронной техникой [53].

Применение неразрушаемых СВЧ-генераторов в качестве основного или дополнительного вооружения носителя рассматривается американскими специалистами в следующих программах [53]:

- системы самозащиты самолетов и вертолетов;
- средства подавления ПВО на основе БПЛА;
- мобильные комплексы на боевых машинах и малых кораблях;
- стационарные или корабельные тактические комплексы.

В качестве типовых целей тактических комплексов СВЧ-оружия рассматриваются различные электронные компоненты ВВТ. При этом недопущение вывода из строя собственной аппаратуры носителя таких излучателей остается серьезной технической проблемой [53].

### 5.3. Средства и боеприпасы функционального поражения СВЧ-излучением ВС США

Согласно сообщениям зарубежных СМИ, американские военнослужащие в ходе боевых действий в Ираке в интересах натурных испытаний применяли также экспериментальные образцы боеприпасов, создающие мощный электромагнитный импульс, в том числе СВЧ-диапазона. Принцип действия ЭМИ-боеприпаса основан на создании при взрыве мощного направленного электромагнитного излучения, способного выводить из строя РЭС и системы электроснабжения. По механизму воздействия это излучение подобно ЭМИ ядерного взрыва [55].

Современные средства функционального поражения условно можно классифицировать следующим образом [7]:

- мобильные;
- одноразового действия;
- малогабаритные.

Мобильные СВЧ-средства функционального поражения используют диапазон частот от 0,5 до 20 ГГц и работают с частотой повторения импульсов 10 Гц при длительности импульса 200–1 000 нс; импульсная мощность излучения может достигать 1–5 ГВт, энергия в импульсе 2–10 кДж; тип энергоустановки – газотурбинный генератор, тип генераторного прибора – гираторы, виркаторы, черенковский генератор; КПД генераторного прибора 36–40 %, КПД установки в целом – 20–25 %; масса – 6–10 т; размещение – автомобиль, бронетранспортер; диаметр антенны – 2–5 м; дальность действия – в пределах прямой видимости [7].

СВЧ-средства функционального поражения одноразового действия используют диапазон частот 6–10 ГГц, развивают мощность в импульсе 3–5 ГВт при длительности импульса 150–1 500 нс; тип генераторного прибора – взрывомагнитный генератор, резонансный магнетрон, виркатор; масса – 500 кг, дальность действия – 3–4 км [7].

Малогабаритные СВЧ-средства функционального поражения используют диапазон 0,5–100 ГГц, имеют импульсную мощность 1–5 ГВт; импульс длительностью 1–100 нс; тип генераторного прибора – взрывомагнитный генератор, ударно-волновой генератор; массу 40–50 кг; дальность действия 1–2 км [7–250].

В 1991 г. во время операции "Буря в пустыне" американское командование впервые применило в Ираке СВЧ-оружие. Так, с целью повышения эффективности информационной операции, ведущейся в интересах идеологической обработки гражданского населения, для подавления телевизионных передач в Багдаде в район расположения телецентра была сброшена так называемая "электронная бомба", являющаяся оружием функционального поражения РЭС. В результате взрыва специального заряда этой бомбы образовался мощный электромагнитный импульс, действие которого нарушило работу телецентра. Во время этой же операции ВС США для подавления РЭС управления и связи Ирака использовали в нескольких из запущенных ракет Tomahawk боевые части, создающие мощный ЭМИ. Применяемая в ракете боевая часть при взрыве излучала СВЧ-импульс мощностью 5 МВт [14].

Интересным является то, что за несколько месяцев до начала иракской кампании многими экспертами давались оценки, согласно которым подобные СВЧ-боеприпасы могут появиться не ранее 2005 г. Это позволяет говорить о том, что по итогам кампании 1999 г. против Югославии, в которой впервые были применены средства вывода из строя систем энергоснабжения типа графитовых бомб, руководством Пентагона было принято решение об интенсификации работ по созданию эффективного ЭМО [54].

При этом командование коалиционных сил относилось к применению СВЧ-боеприпасов с особой осторожностью, так как крылатые ракеты достаточно эффективно сбиваются средствами ПВО, а это могло привести к попаданию отдельных узлов и деталей принципиально нового средства поражения к противнику, а от него – в третьи страны, что привело бы к утрате США приоритета в разработке этого вида оружия [54].

Следует также отметить, что ряд потерь авиационной техники коалиционных сил связан с отказом их электроники именно в результате применения США СВЧ-оружия. Это может свидетельствовать о том, что технология таких боеприпасов еще недостаточно отработана.

на. Можно также констатировать то, что еще не найдено эффективной защиты собственных электронных систем от воздействия СВЧ-излучения [54].

Одним из исследуемых в США вариантов электромагнитного оружия является СВЧ-боеприпас, выполненный на базе управляемой авиационной бомбы GBU-31 и оснащенный ВМГ, устанавливаемым в корпусе осколочно-фугасной боевой частью Mk84 калибра 2 000 фунтов. Для крылатых ракет воздушного базирования и управляемых ракет класса "воздух – земля" разрабатываются специальные боевые части, создающие мощный ЭМИ. В дальнейшем предполагается создание образцов СВЧ-боеприпасов, которые смогут обеспечить вывод из строя оборудования, расположенного в заглубленных объектах (расчетная глубина поражения СВЧ-излучением 40–50 м) [55].

В перспективе в США намечено разработать образцы СВЧ-боеприпасов, создающих излучение гигаваттного уровня мощности. При этом радиус зоны поражения таких боеприпасов может составлять сотни метров. В частности, предполагается создание СВЧ-боеприпасов в корпусах проникающих боевых частей, что, по оценкам специалистов США, обеспечит вывод из строя оборудования, расположенного в заглубленных объектах [53].

В 2009 г. ВВС США заключили с фирмой Boeing контракт, предусматривавший разработку в течение 3 лет в рамках проекта CHAMP (Counter-electronic High Power Microwave Advanced Missile Project) демонстрационного образца нелетального СВЧ-оружия, размещаемого на борту крылатой ракеты, либо на другой воздушной платформе. Это СВЧ-оружие предназначено для подавления РЭС противника без нанесения им физических повреждений. Основу этого оружия составляют перезаряжаемые емкостные накопители, а также генераторы с АФАР и электронным управлением лучом [56].

Фирма Boeing разрабатывает крылатую ракету воздушного базирования большой дальности и управляемые бомбы серии JDAM-ER с перспективными СВЧ-боевыми частями, а фирма Raytheon – боеприпас MALD-V на базе малогабаритной автономной ложной воздушной цели ADM-160 MALD. В настоящее время предполагается провести серию полномасштабных наземных и воздушных испытаний этих демонстрационных образцов, созданных на основе компактных СВЧ-технологий. Так, в октябре 2012 г. экспериментальная крылатая ракета осуществила подлет к комплексной цели из семи зданий (полет продолжался около 1 ч) и мощным ЭМИ вывела из строя находившиеся в них компьютеры при минимальном их физическом повреждении, а затем вернулась в заранее указанное место и приземлилась. Специалисты ВВС США ожидают, что вышеуказанная технология будет окончательно доработана и поступит на вооружение после 2016 г. Кроме того, планируется оснастить крылатую ракету AGM-86 ALCM СВЧ-генератором, способным за время полета произвести несколько "ЭМИ-выстрелов", и протестировать ее [56].

Особое место среди СВЧ-систем занимает СВЧ-боеприпас, поражающее воздействие которого на РЭС противника осуществляется мощным электромагнитным излучением, генерируемым в результате взрыва. В 2009 г. в США проводились испытания нового образца такого боеприпаса. Его пиковая мощность составила 35 МВт при длительности импульсов 100–150 нс в диапазоне 2–6 ГГц. Длина устройства – 1,5 м, диаметр – около 0,15 м. В основу такого СВЧ-боеприпаса положены способы преобразования кинетической энергии взрыва, горения и электрической энергии постоянного тока в энергию электромагнитного поля высокой мощности [56].

В ВМС США также имеются на вооружении экспериментальные ракеты, неядерные боевые части которых оснащены взрывомагнитными генераторами СВЧ-излучения. Часть таких ракет флот использовал на начальном этапе войны в 1991 г. в Персидском заливе для подавления/поражения электронных систем и средств ВС Ирака. Но определить эффективность применения таких ракет невозможно, так как для решения тех же задач одновременно применялись традиционные средства РЭБ [56].

Помимо разработки СВЧ боевых частей, ведется разработка бортовых СВЧ-генераторов для оборудования БПЛА типа VQM-145A. СВЧ-средствами поражения предположительно будут оснащаться и экспериментальный беспилотный самолет X-45, а также его

палубная модификация Х-47. Разрабатывается также проект оснащения мощным микроволновым генератором и транспортного самолета С-130 Hercules для создания на его основе самолета подавления ПВО по образцу модели АС-130 Spectre для огневой поддержки. Однако в рамках этого проекта разработчикам так и не удалось решить вопросы эффективной защиты бортовой радиоаппаратуры от СВЧ-излучения. Эксперты отмечают, что опасность повреждения собственной аппаратуры не позволит в ближайшее время в полной мере использовать СВЧ-генераторы на пилотируемых летательных аппаратах [54].

Кроме указанных разработок ведутся работы по созданию нескольких модификаций СВЧ-излучателей для корпуса морской пехоты и ВМС США. Так, командование морской пехоты планирует устанавливать СВЧ-излучатели на транспортно-десантных средствах для их использования при ведении боевых действий в городских условиях, а также в качестве нелетального оружия для управления толпой. ВМС США планируют использовать СВЧ-генераторы в качестве одного из основных компонентов противоракетной обороны кораблей [54].

Большое внимание в США уделяется созданию бортовых авиационных систем СВЧ-оружия в виде как отдельных боевых подсистем, так и, например, путем интеграции бортовых СВЧ-средств с комплексом РЭБ самолета. В частности, ведутся работы по созданию авиационных многофункциональных РЛС с активными ФАР, предназначенных для радиоэлектронного подавления средств ПВО противника, а также индивидуальной защиты (постановки помех авиационным РЛС противника) самолета [53].

Специалисты ВС США планируют оснастить АФАР тактические истребители, а также стратегические бомбардировщики. Ряд американских фирм в инициативном порядке ведут исследования по созданию систем индивидуальной защиты гражданских самолетов с применением СВЧ-оружия [53].

В США разрабатываются СВЧ-средства для защиты самолетов только в зоне аэропорта на наиболее критичных с точки зрения безопасности участках полета: взлете и посадке. Основу создаваемой зональной системы защиты Vigilant Eagle составит наземная стационарная СВЧ-установка, электромагнитное излучение которой должно вызывать временные сбои в работе или необратимые повреждения электронных элементов системы управления зенитных управляемых ракет переносных зенитно-ракетных комплексов. В ее состав войдут мощные импульсные генераторы, построенные по модульной схеме, и активная антенна из фазированных решеток с электронным управлением узконаправленным лучом. Предполагается, что дальность действия установки может составить единицы километров. По заявлению разработчиков, ее излучение не будет вызывать сбоев в работе бортовой аппаратуры самолетов, электронных компонентов инфраструктуры аэропортов и не причинит вреда здоровью людей [53, 56].

Когда датчики фиксируют стартующую зенитную ракету, приводится в действие СВЧ-установка, которая генерирует в направлении ракеты СВЧ-импульс, выводящий из строя систему управления ракетой. Для обнаружения ракет ПЗРК и их сопровождения в полете предполагается использовать несколько инфракрасных датчиков, которые планируется размещать на прилегающей к аэропорту территории (на мачтах, башнях и др.). Серийные образцы системы Vigilant Eagle предполагается разместить в первую очередь в наиболее крупных аэропортах США. По оценкам американских специалистов, применение системы будет эффективно только при значительном увеличении дальности действия СВЧ-установки или при размещении дополнительного числа таких установок на протяжении всего посадочного курса самолетов [53, 56].

#### **5.4. Средства функционального поражения лазерным излучением ВС США**

В США активно ведутся работы по совершенствованию комплексов лазерного оружия стратегического назначения. Они же ближе всего к постановке на вооружение систем, способных поражать цели при помощи лазерного луча. Идея использования лазерного оружия для перехвата ракет рассматривалась еще в рамках широко известной программы "Звездных

войн" – программы "Стратегической оборонной инициативы (СОИ)". Один из самых известных достижений в этой области – химический лазер системы ПРО Nautilus, также известный, как THEL (Tactical High–Energy Laser), предназначенный для перехвата ракет [57].

В США с 1996 г. дочерней фирмой Boeing – Boeing Defense and Space Group велись разработки лазерного оружия авиационного базирования с целью создания воздушного лазера ПРО, способного поражать баллистические ракеты на дальности 400–460 км. В результате проекта был разработан химический лазер COIL (Chemical Oxygen Iodine Laser), генерирующий волну 1,3 мкм на основе переохлажденного жидкого кислорода и металлического йода. Лазер этого типа способен вырабатывать очень узкий, хорошо сфокусированный луч мощностью 1 МВт с низким затуханием в атмосфере. В качестве носителя лазера ПРО выбрали самый большой на то время транспортный самолет – Боинг–747–400F со стартовой массой 340 т, из которых 72 т могли быть заняты лазерным оборудованием. В фюзеляж удалось вместить только 6 химических модулей COIL общей мощностью 6 МВт, вместо запланированных 14 МВт. Это сразу снизило проектную дальность действия лазера до 250 км. Запаса жидкого переохлажденного кислорода и мелкодисперсного порошкообразного йода на борту хватало для осуществления 20–40 лазерных "выстрелов". В 2005 г. лазерную ПРО должны были испытать в полете, после чего Пентагон собирался заказать 7 таких машин. Однако вскоре обнаружили два непреодолимых технологических препятствия. Во-первых, на каждый 1 Вт электроэнергии вырабатывается 4 Вт тепловой энергии, которую всю невозможно отвести. Она идет на нагрев самого оборудования и самолета-носителя. При мощности в 6 МВт перегрев самолета является катастрофическим. Тем более что на борту находятся еще и емкости с жидким кислородом. Второй барьер – плавление линз и, как следствие, расфокусировка луча лазера. Температура при излучении лазера такова, что кварцевое стекло не выдерживает. В результате в июне 2009 г. Пентагон прекратил финансирование проекта "Воздушный лазер" (Airborne Laser), сокращенно ABL, в связи с его бесперспективностью [57].

В дальнейшем компании Boeing, Northrop Grumman и Lockheed Martin продолжили доработку проекта в инициативном порядке. Для целей ПРО на борту самолета Boeing B–747–400F установили три лазера: первый лазер TILL (Track Illuminator Laser), который предназначен для обнаружения и сопровождения (подсветки) цели, а также для корректировки параметров оптической системы, с помощью которого будет осуществляться поражение цели; второй – лазер BILL (Beacon Illuminator), используемый для компенсации атмосферных искажений, третий – шестимодульный боевой лазер [52].

В феврале 2010 г. были проведены испытания боевого лазера воздушного базирования, в ходе которого, как было заявлено, были сбиты две баллистические мишени – имитаторы жидкостной и твердотопливной ракет средней дальности. В дальнейшем, во время летных испытаний 20 октября 2010 г. планировалось сбить в полете баллистическую ракету на разгонном участке, однако аппаратура сопровождения цели не смогла дать ее координаты. При этом обнаружение ракеты по факелу двигателя прошло успешно. Предыдущее испытание также закончилось неудачей. Так, 1 сентября 2010 г. во время полета лазер должен был поразить баллистическую ракету на расстоянии 100 миль, но программный сбой привел к расфокусировке луча и его смещению с центра мишени. В результате уничтожить ракету не удалось [57].

Таким образом, результаты испытания мощного лазерного оружия весьма неоднозначны, а при его создании и эксплуатации возникают сложности, непреодолимые при современном технологическом уровне. Таким образом, в ближайшие 20–30 лет мощные боевые лазеры, способные сбивать ракеты, не будут созданы; при этом основные усилия по созданию лазерного оружия были сосредоточены на создании лазерного оружия киловаттной мощности.

Разработкой лазерного оружия для ВМС США занимается компания Northrop Grumman Corporation. Эта компания сумела создать самый мощный и надежный боевой твердотельный лазер. В 2009 г. ее инженерам удалось первыми в мире достичь на лазере подобной конструкции мощности луча в 105,5 кВт. Работы ведутся в рамках военной программы JHPSSL (Joint High Power Solid–State Laser – "Модульный высокомогущный твердотельный лазер") В 2010 г. удалось добиться непрерывной работы твердотельного лазера на этой мощности в течение 6 ч. Это произошло во время тестовых испытаний в процессе интеграции си-

стемы наведения и слежения перед полевыми испытаниями. По габаритам установка-демонстратор JHPSSL сопоставима с автобусом и состоит из 7 лазерных усилителей, мощностью каждого порядка 15 кВт, что в сумме дает 105,5 кВт. В одном из пресс-релизов Northrop Grumman за 2009 г. сообщалось, что было проведено успешное испытание системы из 8 лазерных усилителей общей мощностью 120 кВт [57].

6 апреля 2011 г. прошли испытания созданного Northrop Grumman Corporation "Морского лазера-демонстратора" MLD (Maritime Laser Demonstrator). В испытаниях участвовал твердотельный лазер, разрабатываемый в рамках военной программы JHPSSL и состоящий из нескольких модулей мощностью по 15 кВт, который был установлен на борту Paul Foster, выведенного из боевого состава эсминца типа Spruance. В пресс-релизе по итогам тестирования сообщалось, что впервые боевая лазерная система для корабля была интегрирована с его РЛС обнаружения и его навигационной системой, а также впервые лазерное оружие производило "выстрелы" в море с движущейся платформы. Ранее аналогичные системы проходили тестирование только на наземных полигонах. Было проведено 35 "стрельб" в открытом море лучом высокой мощности. Лазер MLD показал, что способен отслеживать и повреждать малое судно, перемещающееся на "репрезентативных" скорости и дальности. В ходе испытаний с помощью лазерного луча удалось поджечь подвесной двигатель и взорвать небольшую надувную лодку. По мнению конструкторов, прототип в ходе испытаний показал, что способен преодолевать сложные условия моря – волнение, влажность воздуха и т. д. [57].

В ВМС США предпочтение отдается лазерам на свободных электронах FEL (Free Electron Laser). Считается, что они лишены недостатков химического лазера. В первую очередь не выделяют так много тепла, поскольку энергетический луч получают за счет колебаний электронов в магнитном поле. Этот принцип позволяет варьировать частоту и мощность лазера в широком диапазоне. По мнению американских экспертов, этот тип лазера идеально подходит для корабельных систем ПВО и ПРО по следующим причинам. Во-первых, на кораблях стоят мощные энергетические установки, зачастую избыточной мощности. Во-вторых, над морем воздух чище, чем над сушей, а в условиях повышенной влажности, осадков и облачности луч лазера на свободных электронах можно быстро корректировать для преодоления помех [57].

В 2012 г. в Сан-Диего на борту USS Dewey (DDG–105) проведено испытание созданного исследовательской лабораторией Командования морских систем ВМС лазера LaWS (Laser Weapon System) [58]. В апреле 2013 г. ВМС США заявили о планах оснащения в 2014 г. боевых кораблей лазерами, способными поражать БПЛА и мелкие суда [59]. В конце 2014 г. первая боевая лазерная установка была развернута на корабле ВМС США в Персидском заливе [60].

В настоящее время исследования по разработке лазеров на свободных электронах в интересах ВМС США продолжают, при этом высказываются прогнозы о возможности создания мегаваттного лазера к 2018–2020 гг. [57].

Изменение акцента разработчиков с мегаваттной мощности в сторону киловаттной скорректировало применение лазерных средств в сторону их использования для поражения БПЛА в составе систем ПВО, а также в сторону создания гибридных систем ПВО–ПРО.

Американская корпорация Boeing в 2009 г. объявила об успешном проведении опыта по применению боевого лазера против малогабаритного БПЛА. Лазер был установлен на платформе бронемашины Avenger (модифицированной HMMWV), которая обычно используется армией и морской пехотой США для выполнения задач ПВО. Laser Avenger способен применять против БПЛА свое вооружение, не раскрывая при этом позиции войск, т. е. можно уничтожать БПЛА противника, не подвергая при этом опасности другие подразделения, находящиеся вблизи бронемашин [52].

В 2012 г. компания Lockheed Martin официально представила прототип компактной наземной системы лазерной ПВО–ПРО ADAM (Area Defense Anti–Munitions) [61]. Система испытывалась в 2012 и 2013 гг. для борьбы с небольшими БПЛА и ракетами на расстоянии в 1,5–2 км, а в 2014 г. – против моторных лодок [62].

Определенные успехи в создании компактных лазерных систем побудили США вновь вернуться к разработке этих систем, устанавливаемых на воздушной платформе. В 2017 г.

ВС США объявило конкурс на разработку БПЛА способного нести лазерное вооружение и предназначенного для решения задач ПРО путем поражения МБР на этапе их разгона после пуска. Компания Northrop Grumman уже заявила, что планирует для решения этой задачи модернизировать свой БПЛА RQ-4 Global Hawk. При создании БПЛА с лазерным вооружением предполагается задействовать наработки, полученные в ходе более ранней программы создания лазерного оружия воздушного базирования [63].

Корпорация Boeing в кооперации с британским подразделением европейского консорциума BAЕ System создала гибридный лазер и малокалиберной автоматической пушки Mk-38. Автоматом Mk-38 на турели вооружаются десантные и вспомогательные суда ВМС США. Эффективный огонь может вестись на дальность 2,5 км. Исполнители в июле 2011 г. объявили о создании прототипа тактической лазерной системы TLS (Tactical Laser System) для поражения БПЛА и малых судов [57].

Годом раньше подобную систему ПВО-ПРО на авиакосмическом салоне "Фарнборо-2010" в Великобритании показала американская компания Raytheon. Шесть волоконных лазеров LaWS (Laser Weapon System) общей мощностью 50 кВт были объединены с корабельной 20-миллиметровой шестиствольной автоматической артиллерийской установкой Mark 15 Phalanx CIWS (Close-In Weapon System – "орудийная система ближнего боя"). Предполагается, что комбинированная установка сможет поражать цель шестью лазерами, чьи лучи сведены в одну точку. В первую очередь она предназначена для борьбы с противокорабельными ракетами. Если же это не удастся, то на более близком расстоянии в дело вступит шестиствольная пушка, выпускающая 4 500 снарядов в минуту (дальность эффективной стрельбы Mark 15 Phalanx – 1,5 км). На испытаниях в мае 2010 г. система обнаружила, захватила, взяла на сопровождение и поразила четыре БПЛА, летевших на разных высотах и дальностях. Представители Raytheon дали понять, что условия испытаний были близки к реальным боевым действиям. При этом в британских СМИ появилось неподтвержденное сообщение, что один из БПЛА был поражен на дальности 3,2 км при скорости 480 км/ч [57].

В декабре 2013 г. в США прошли испытания боевого мобильного лазера HEL MD (High Energy Laser Mobile Demonstrator) мощностью 10 кВт для подразделений тактического звена. Во время испытаний установка уничтожила более 90 минометных снарядов и несколько БПЛА. Разработку программы HEL MD ведет корпорация Boeing. В 2014 г. были проведены успешные его испытания в сложных погодных условиях. Ведется разработка установки с мощностью лазера 50 кВт, а в дальнейшем – 100 кВт. Это позволит уничтожать цели с более высокой скоростью движения [64, 65].

Американское военное агентство DARPA испытало в начале 2014 г. установку Excalibur. Она включает в себя 28 волоконных лазеров, объединенных в систему, которая способна фокусировать луч на расстоянии, превышающем 7 км. Каждый элемент обладает излучающей мощностью в 10 Вт. Лазеры объединены в блоки по 7 шт., при этом диаметр такого блока составляет 10 см, а их общее количество и мощность можно наращивать простым соединением. Эксперименты DARPA показали эффективность такого масштабируемого лазера с набором излучателей. Excalibur использует особый алгоритм оптимизации лазерного излучения и в течение считанных миллисекунд корректирует параметры лазерного луча, компенсируя турбулентность атмосферы. В течение трех лет планируется довести его мощность до 100 кВт. Данной мощности достаточно для уничтожения ракет, снарядов, БПЛА и поражения живой силы. Кроме того, такую систему можно будет совместить с существующими платформами: вертолетами, самолетами, кораблями и бронетехникой. Разработчики ожидают, что волоконно-оптический лазер будет в 10 раз легче и компактнее текущих опытных твердотельных лазерных систем [66].

Отдельные лазерные системы планируется применять на самолетах, вертолетах, БПЛА и бронетехнике в составе системы обороны от ракет.

Так, компания General Atomics проводила лабораторные испытания "лазерной системы третьего поколения", которая будет способна выполнить 10 импульсов мощностью по 150 кВт между перезарядками, которое займет 3 мин. Компания проектирует контейнер массой 1 360 кг, в котором разместится лазерная установка и который будет встроен в отсек

вооружения БПЛА Avenger. При условии финансирования Министерства обороны США этот контейнер может быть готов к испытаниям на борту воздушного судна к 2018 г. [67].

Под руководством управления DARPA Министерства обороны США разрабатывается лазерная система перехвата и уничтожения в полете снарядов противника. Проект HELLADS (High–Energy Liquid Laser Area Defense System) разрабатывает компания General Atomics Aeronautical Systems, получившая в январе 2011 г. контракт на 40 млн долл. В основе лежит лазер с жидкой активной средой. Циркуляция жидкости позволяет отводить больше тепла, в результате можно увеличить мощность луча. На сегодняшний день лазер HELLADS достигает мощности 150 кВт. Установка создается для защиты самолетов от ракет ПЗРК и класса "воздух – воздух", поэтому к ней предъявляются жесткие требования по габаритам: вес – не более 750 кг, объем – не более 2 м<sup>3</sup>. Изначально предполагалось, что HELLADS будет монтироваться в комплекс вооружения стратегического бомбардировщика B–1B. Пока неизвестно, когда начнутся авиационные испытания, но уже сейчас есть основания полагать, что эту систему гораздо раньше попытаются применить для защиты от реактивных, артиллерийских и минометных снарядов [57].

Ведутся работы по созданию лазерного оружия космического базирования, рассматриваемого военным ведомством США в качестве неотъемлемой части перспективных систем противоракетной обороны и противоспутниковой борьбы [52].

Проекты по созданию лазерного оружия ведутся не только в США, но также и в других технологически развитых странах.

Французская кораблестроительная компания DCNS реализует программу Advansea, в ходе которой планируется создать к 2025 г. полностью электрифицированный боевой надводный корабль с лазерным и электромагнитным вооружением [68].

В ноябре 2011 г. в Швейцарии немецкая компания Rheinmetall продемонстрировала перехват БПЛА размещенной на бронетранспортере лазерной системой, разработанной ее подразделением – Rheinmetall Defence [69].

В рамках отдельных программ идет совершенствование лазерного оружия тактического назначения, которое позволяет выводить из строя оптико-электронные приборы и поражать незащищенные органы зрения выбранных, особо важных целей среди личного состава противника (командиры, наводчики, снайперы и т. п.) [52].

В таких военных целях могут быть использованы "зеленые" лазеры серии Spyder, к продаже которых приступил Китай. Это самые мощные лазеры данного спектрального диапазона, производимые сегодня серийно – предлагаются 3 модели мощностью 200, 250 и 300 мВт. Лазер Spyder 300 мВт имеет пиковую мощность 450 мВт, заявленный радиус действия около 200 км, работает от источника питания напряжением 3 В, потребляемый ток не превышает 1,2 А, длина волны излучения – 532 нм (зеленый свет). Лазер выполнен в цилиндрическом корпусе диаметром 20 мм и длиной 198 мм, продолжительность работы диода – не менее 80 000 ч, продолжительность непрерывной работы от одного комплекта батарей – 2 ч. По заверениям производителей и первых пользователей, мощности лазера достаточно, чтобы прожечь лист бумаги, прожечь воздушный шар с большого расстояния, зажечь сигарету или спичку [52].

Для создания эффективных систем лазерного оружия оптимальным вариантом является использование лазеров, генерирующих излучение в тех областях электромагнитного спектра, в которых работают разведывательные оптико-электронные приборы и ГСН управляемых ракет, а глаз человека обладает максимальной спектральной чувствительностью. Поражение органов зрения рассматривается специалистами как наиболее перспективное направление вывода личного состава из строя при ведении боевых действий. Это объясняется прежде всего тем, что человек является конечным и главным звеном в системе "машина – человек" [52].

Ведутся разработки лазерного оружия, устанавливаемого как на наземных, так и на воздушных носителях (вертолетах). При этом источник ослепляющей вспышки можно разместить, например, в артиллерийских боеприпасах (на основе взрывного нагрева инертных газов). Смонтированные на бронемашине пехоты лазерные "пушки" могут ослеплять прицелы противника и его личный состав [52].

## 6. ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ РЭБ

### 6.1. Общие перспективы развития систем и средств РЭБ

Развитие систем РЭБ становится наиболее эффективным, быстрореализуемым, экономически выгодным, а порой и единственно возможным средством, нейтрализующим техническое превосходство противостоящей стороны в информационной и технологической сферах. Основной прирост боевых потенциалов в ближайшей перспективе будет возможен за счет использования интеллектуальных систем управления войсками и оружием, а также применения средств вооруженной борьбы, использующих нетрадиционные способы воздействия на противника. К таким средствам вооруженной борьбы прежде всего относится техника РЭБ, представляющая собой сложный объект, характеризующийся высокой наукоемкостью. Современные средства, комплексы и системы РЭБ на нынешнем этапе развития находятся в состоянии интенсивного совершенствования. В долгосрочной перспективе (2020–2025 гг.) объем задач, возлагаемый на средства РЭБ, не только не уменьшится, но даже увеличится за счет количественного увеличения объектов воздействий и увеличения способов воздействия по ним. Оснащение вооружения средствами и комплексами РЭБ способно многократно повысить их боевой потенциал и снизить возможные потери. При этом стоимость техники РЭБ составляет единицы процентов по отношению к стоимости основных видов вооружения [15].

В конце XX столетия в ряде стран НАТО и США были проведены многочисленные модернизации авиационных комплексов РЭБ, находящихся на вооружении, разработан ряд новых средств, а также способов РЭБ. В результате проведенных исследований были созданы средства РЭБ, которые обеспечили возможность подавления когерентных РЛС (импульсно-доплеровских со сжатием импульсов, с другими видами частотного и фазового кодирования), а также РЛС с моноимпульсным излучением [7].

Из достаточно широкого круга задач, стоящих перед современными комплексами РЭБ, можно выделить задачи, определяющие ряд их принципиальных особенностей [15, 70]:

- "жесткая" целесообразность перекрытия диапазонов работы всех РЛС обнаружения, целеуказания, управления оружием, а также РЭС связи и навигации;
- функциональная необходимость одновременного выполнения большого количества сложных задач – прием и высокоточный анализ сигналов РЭС, определение их координат, типа, режима работы и степени опасности, подавление нескольких РЭС, взаимодействие с другими комплексами (прежде всего РРТР и огневого поражения).

Указанные задачи определяют принципиальные особенности построения перспективных средств и комплексов РЭБ [15, 70]:

- сверхширокополосность радиотехнической части аппаратуры (более 3 октав);
- необходимость реализации параллельной сигнальной обработки принимаемых радиотехнических сигналов в мгновенной полосе частот, равной нескольким гигагерцам;
- максимальное увеличение функциональной плотности исполнения аппаратуры для снижения ее массогабаритных показателей и обеспечения возможности ее системной интеграции;
- предельная унификация базовых цифровых элементов аппаратуры, позволяющая снизить себестоимость, облегчить процессы модификации и модернизации аппаратуры.

Указанные особенности перспективной аппаратуры средств и комплексов РЭБ определяют целесообразность ее построения на основе цифровых сверхширокополосных устройств сигнальной обработки, позволяющих в максимальной степени реализовать приведенные выше особенности и дополнительно получить возможность быстрой реструктуризации аппаратуры обработки путем перезаписи проектов сигнальной обработки в программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) [15].

Таким образом, перспектива развития систем и средств РЭБ тесно связана с применением новейших информационных технологий, которые должны обеспечить желаемую эф-

фективность в условиях качественно меняющихся требований к средствам и методам ведения боевых действий. Так, в перспективных системах РЭБ предполагается осуществление функциональной и аппаратурной интеграции бортового РЭО со средствами РЭП и с системами обнаружения, использующими другие физические принципы функционирования (оптико-электронное оборудование, ИК- и УФ-системы и др.). С разработкой интегрированных бортовых систем усложняется разветвленная логика переключения режимов интегрированных подсистем, что позволяет воздействовать на этот процесс с помощью так называемых алгоритмических воздействий. Кроме того, несмотря на бурное развитие цифровой техники, узким местом всегда будут оставаться объем памяти и быстродействие бортовых вычислительных систем, что также позволит производить алгоритмические воздействия с целью информационной перегрузки бортовых процессоров [7].

Таким образом, развитие техники РЭБ в значительной степени определяется двумя взаимосвязанными научно-технологическими направлениями развития элементной базы современной радиоэлектроники [14]:

1. Созданием высокоскоростных процессоров и вычислительных систем с учетом последних достижений микроэлектроники.

2. Расширением возможностей цифровой обработки сигналов, обеспечивших преобразование совокупности средств РЭБ в высокоскоростные цифровые системы.

В 70-х гг. прошлого века самолет, летящий на высоте 12 км, облучался примерно 40 000 импульсами в секунду. В 80-х гг. плотность облучения возросла до 1–2 млн импульсов в секунду, а в начале нынешнего века прогнозируется увеличение этой плотности до 10–20 млн импульсов в секунду [14]. Справиться с селекцией, фильтрацией и анализом поступающей информации в этих условиях может только специализированный цифровой процессор. Для примера укажем, что станция активных помех AN/ALQ–135 (V) для самолетов F–15 имеет 20 параллельно работающих процессоров [14]. Именно высокое быстродействие (табл. 6.1) способно обеспечить адекватную реакцию средств и систем РЭБ на быстроменяющуюся радиоэлектронную обстановку на ТВД [15].

Таблица 6.1

### Требования к БЦВМ, решающим задачи РЭБ

Каналы поступления данных для обработки	Требования к БЦВМ		
	Производительность, опер./с	Емкость ОЗУ, Мбайт	Емкость ПЗУ, Мбайт
РЭБ	50 млн	> 500	1
РЭР	1 млрд	50	1
Опознавание	10 млн	40	1
БРЛС	40 млн	1600	1

Комплекс РЭБ, функционирующий в современных условиях, должен практически мгновенно реагировать на внезапно возникающие угрозы. Реакция комплекса на угрозу не должна превышать 0,05–0,1 с. Только цифровые ЭВМ с высоким быстродействием и большим объемом памяти способны управлять ресурсами комплексов РЭБ, включающими [14]:

- совокупность станций активных помех;
- расходуемые средства создания помех (буксируемые активные ловушки; противорадиолокационные управляемые ракеты; передатчики помех одноразового действия; дипольные отражатели, подсвечиваемые помеховым сигналом; снаряды с электромагнитной боевой частью);
- набор видов помех и способов их боевого применения;
- средства функционального поражения РЭС (СВЧ и лазерное оружие функционального поражения);
- распределение энергетического потенциала станций активных помех для одновременного подавления нескольких РЭС;

– способность быстрого изменения ориентации и ширины лучей диаграммы направленности антенн (фазированных антенных решеток) станций активных помех в заданных секторах пространства;

– способность управления последовательностью временных интервалов создания помех нескольким РЭС одной ведущей станцией активных помех.

При этом существует тенденция объединения многочисленных радиотехнических и оптико-электронных средств (средств радиолокации, РЭБ, госопознавания, радионавигации, передачи данных, лазерных, ИК- и других датчиков информации), размещенных на одном носителе (летательном аппарате) в единый интегрированный радиоэлектронный комплекс [14].

Среди имеющихся проблем создания перспективных средств и систем РЭБ можно выделить три группы, отличающиеся содержанием и технологиями их решения [70]:

- энергетические;
- информационные;
- функциональные.

Сущность энергетических проблем заключается в сложности реализации требуемых энергетических характеристик комплексов РЭБ при заданных ограничениях (по массе, габаритам, энергопотреблению) и существующей элементной базе. Одним из основных путей их решения является применение АФАР, имеющих высокий коэффициент усиления. Принципиальными особенностями построения АФАР для аппаратуры РЭБ являются [71]:

– возможность адаптивного управления формой диаграммы направленности антенны для реализации различных режимов работы и формирования "провалов" в направлении на источники активных помех;

– расширенная в 7–8 раз полоса рабочих частот (30–40 % от центральной частоты для АФАР и 5–6 % – для ФАР);

– повышенная в 15–20 раз мощность излучения, снимаемая с одинаковой апертуры;

– необходимость одновременного формирования нескольких независимых лучей для обслуживания пространственно-разнесенных объектов воздействия;

– существенно сниженные потери (до 15–17 дБ) при обработке сигнала;

– конформность и малая величина ЭПР;

– высокая надежность (среднее время наработки на отказ сравнимо со сроком службы самолета).

Использование АФАР в составе комплексов РЭБ при наличии соответствующей элементной базы (мощных полупроводниковых СВЧ-усилителей и переключателей) позволяют получить энергетический потенциал практически любого уровня. Расчеты показывают, что в ближайшее время при наличии соответствующей электронной компонентной базы может быть создана станция активных помех с энергетическим потенциалом до  $10^{10}$  Вт [71].

Проблемы информационного характера обусловлены тем, что технические характеристики существующей системы радиоэлектронной разведки зачастую не позволяют организовать на должном уровне информационное обеспечение систем и средств РЭБ. Прежде всего это относится к достоверности определения объектов воздействия и назначения им соответствующих приоритетов обслуживания при функционировании в сложной, динамично меняющейся радиоэлектронной обстановке [15].

Решение этой проблемы видится в переводе большинства составных частей аппаратуры радиоэлектронной разведки на цифровую обработку. В настоящее время прорабатываются возможности повышения эффективности технологии быстродействующей цифровой аппаратуры РЭБ на базе ПЛИС с переходом на этапе серийного производства на специализированные СБИС типа "система на кристалле". Актуальным представляется разработка быстродействующих АЦП и ЦАП с тактовыми частотами 1 ГГц и выше, а также разрядностью в 12–14 разрядов [15].

Функциональные проблемы прежде всего связаны с необходимостью одновременного (квазисовременного) подавления РЭС, имеющих различные пространственные и сигнал-

ные признаки, при жестком ограничении на время радиоэлектронного конфликта. Преодолеть указанные трудности можно путем применения [71]:

- антенных устройств с независимым управлением пространственными каналами создания помех;
- многоканальных приемопередающих устройств, работающих в широком диапазоне частот с параллельным анализом каналов;
- быстродействующих систем определения и воспроизведения радиосигналов (DRFM).

В перспективе актуально создание систем DRFM базового построения в плане унификации ее технических параметров для применения большинством разработчиков техники РЭБ. В новой технике РЭБ, основанной на АФАР с цифровым формированием лучей, система будет интегрироваться с устройствами формирования помех в формате малогабаритных приемопередающих модулей АФАР [71].

На рис. 6.1 приведена динамика расширения типажа помех, формируемых современными комплексами РЭБ [15].

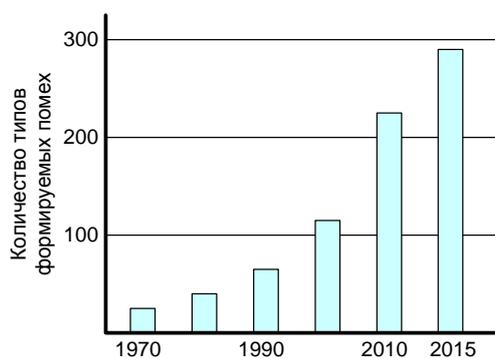


Рис. 6.1. Динамика расширения типажа помех, формируемых современными комплексами РЭБ

Расширение номенклатуры формируемых помех позволяет реализовать "индивидуальный подход" к подавлению каждого конкретного РЭС. Вместе с тем в связи с насыщением вооружений радиоэлектроникой количество РЭС, находящихся на вооружении, постоянно растет при одновременном повышении количества режимов их работы. В связи с этим в ближайшее время будет достигнут технологический предел номенклатуры формируемых помех, ориентированных на конкретные РЭС и отдельные режимы их работы. При этом актуальным станет поиск новых способов формирования режимов помех для комплексов РЭБ.

В связи с этим интересны исследования, проводимые научно-исследовательской лабораторией ВВС США и ориентированные на разработку новых способов выборочного подавления РЭС – "когнитивного подавления". Новые способы постановки помех должны обеспечивать подавление широкого спектра РЭС противника (связные, навигационные, РЛС и т. д.), использующих современные средства и методы радиоэлектронной защиты, при этом не нарушая функционирования РЭС своих и союзных сил, а также гражданских РЭС. С целью создания новых способов подавления с соответствующим управлением научно-исследовательской лаборатории ВВС США был заключен контракт на сумму 2,45 млн долларов на срок до 6 лет. За это время должны быть созданы аппаратная часть и программное обеспечение новых станций для реализации "когнитивных помех" для дальнейших их испытаний в условиях, максимально приближенных к боевым. Предполагается, что такие станции помех могут быть установлены как на специализированных самолетах РЭБ, так и на обычных самолетах стратегической и тактической авиации для обеспечения их индивидуальной радиоэлектронной защиты [22].

Одной из наиболее перспективных тенденций развития РЭБ является интегрирование воздушных, наземных, морских и космических средств РЭБ в единую сеть. Концепция инте-

грации базируется в основном на развитии цифровых направлений техники РТР и активного РЭП. Предусматривается возможность мгновенного опознавания источника излучения и, при необходимости, создание им помех разными способами [22]:

- точечная постановка маломощных активных помех;
- использование объектов ложной информации (ложные цели или сообщения);
- внедрение пакетов алгоритмов, которые могут брать на себя командование сетями противника и, возможно, управление датчиками противника.

Кроме того, перспективным направлением РЭБ является изменение условий распространения и отражения ЭМВ. В связи с этим актуальным является создание специальных боеприпасов с аэрозольным наполнением, обеспечивающих изменение условий распространения радиоволн и воздействующих на функционирование РЭС. С этой целью разрабатываются новые специальные композиции аэрозольных систем, обеспечивающие ослабление напряженности электромагнитного поля, и новые композиции и покрытия, обеспечивающие интенсивное поглощение электромагнитных волн [15].

При этом для защиты собственных РЭС и оптико-электронных средств от самонаводящегося оружия и активных помех различных диапазонов разрабатываются методы и устройства пространственно-сигнальной имитации защищаемых объектов с целью отвлечения на них атакующих элементов, а также устройств пространственно-сигнальной селекции помеховых сигналов [15].

Важнейшие направления исследований для развития систем РЭБ представлены в табл. 6.2 [15].

Таблица 6.2

**Важнейшие направления развития систем РЭБ**

<b>Направления</b>	<b>Пути реализации</b>
Интеграция сил и средств РЭБ со средствами разведки и огневого поражения в едином информационно-коммуникационном пространстве всех видов ВС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– реализация сетевых систем сбора, обработки и доведения до потребителей информации о РЭО;</li> <li>– внедрение защищенных компьютерных технологий для анализа РЭО и принятия решений;</li> <li>– разработка алгоритмов и программ поддержки принятия решений на основе методов искусственного интеллекта</li> </ul>
Создание систем РТР (пассивной локации) для достоверного вскрытия РЭО и высокоточного определения местоположения объектов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание корреляционно-базовых разностно-дальномерных комплексов пассивной локации;</li> <li>– разработка однопозиционных комплексов, существенно повышающих точность определения местоположения целей за счет измерения крутизны фронта падающей волны;</li> <li>– создание систем искусственного интеллекта для анализа РЭО</li> </ul>
Совершенствование системы мониторинга сигналов в различных физических полях	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание единой государственной инфраструктуры сбора, обобщения и доведения результатов мониторинга;</li> <li>– обеспечение мониторинга в радиочастотном и оптическом диапазонах</li> </ul>

Анализируя тенденции развития технологий по разработке и созданию новых радиопоглощающих материалов, можно отметить, что современные поглощающие материалы позволят в ближайшей перспективе обеспечить [15]:

- коэффициент отражения электромагнитного излучения (в диапазоне 1–10 ГГц) порядка – 30–40 дБ независимо от направления зондирования и поляризации сигнала;
- коэффициент отражения в УФ-, видимом и ИК-диапазонах менее 0,1 дБ, причем отражение будет носить диффузионный характер.

Можно прогнозировать, что в ближайшей перспективе будут созданы многофункциональные маскировочные покрытия, работающие одновременно в радиолокационном, УФ-, оптическом и ИК-диапазонах волн [15].

С учетом того, что около 80 % средств РЭБ являются средствами защиты авиации от систем ПВО и ориентированы на подавление РЛС и оптико-электронных средств управления, целеуказания и наведения этих систем, ниже эти средства и комплексы РЭБ представлены более подробно. Основные направления развития систем радиоэлектронного поражения приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

### Основные направления развития систем радиоэлектронного поражения

Направления	Пути реализации
Создание нового класса комплексов, совмещающих возможности РЭС разведки, управления оружием и станций помех	Реализация информационно-аппаратной интеграции задач в интересах создания устройств, работающих в режимах: <ul style="list-style-type: none"> <li>– РЛС и наведения оружия;</li> <li>– РРТР;</li> <li>– постановки помех</li> </ul>
Создание пространственно-распределенных систем радиоэлектронной защиты объектов и их сигнальной маскировки	Разработка системы активных помех, формирующей ложную сигнально-информационную обстановку в группировке для защиты своих войск и объектов
Создание твердотельной элементной базы нового поколения в интересах повышения эффективности средств РЭБ	Создание ряда широкополосных АФАР на основе твердотельных приемно-передающих модулей в гибридном монолитном исполнении
Освоение новых участков радиочастотного и оптического диапазонов	– создание электровакуумной и твердотельной широкополосной приемно-передающей аппаратуры миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов; – создание высокоэффективных средств разведки и подавления в ИК- и УФ-диапазонах, в т. ч. на основе приемных матриц, излучающих диодов и лазеров
Создание новых носителей для размещения средств РЭБ, обеспечивающих увеличение дальности разведки и подавления	Разработка БПЛА нового поколения и использование алгоритмов на основе искусственного интеллекта
Функциональное поражение РЭС и ОЭС сверхмощными СВЧ-импульсами и ЭМИ нано- и микросекундной длительности	– разработка сверхмощных релятивистских СВЧ-генераторов; – создание малогабаритных ВМГ нового поколения; – создание полупроводниковых генераторных приборов сверхвысокой мощности

### 6.2. Перспективы развития систем РЭБ для защиты авиации от радиолокационных станций комплексов ПВО

Современные средства РЭБ требуют создания помех, прицельных по частоте, но с упреждением по времени. Применяемые в качестве упреждающих широкополосные заградительные шумовые помехи являются энергетически невыгодными. Однако с этим приходится мириться, так как, только обеспечив упреждение, можно рассчитывать на исключение преимуществ, которые имеют РЛС противника при изменении несущей частоты от импульса к импульсу или от пачки импульсов к пачке. Принципиальная возможность создания энергетически выгодных упреждающих прицельных по частоте помех появилась только после внедрения в системы РЭБ высокоскоростных цифровых устройств запоминания частоты перехватываемых сигналов на длительное время. Такие устройства позволяют вместо заградительной шумовой помехи формировать "гребенку" прицельных по частоте маскирующих шумовых помех. При этом спектр каждого "зубца" гребенки сосредоточен в пределах минимально необходимой полосы около частоты, соответствующей одной из множества дискретных составляющих, запомненных, а затем воспроизведенных частот РЛС. При таком подходе к постановке

помех перестройка частоты, осуществляемая РЛС путем скачкообразного перехода на одну из конечного множества фиксированных частот, не защищает РЛС от такой помехи [14].

Важно подчеркнуть, что цифровые устройства обеспечивают запоминание не только частоты, но и сигнала РЛС в целом. Это позволяет решить проблему формирования сигналоподобных помех в ответ на каждый импульс когерентным РЛС (импульсно-доплеровским и со сжатием импульсов). В запоминающее устройство ЭВМ системы РЭБ вводится библиотека параметров всех известных РЛС и режимов их работы. Эта ЭВМ выявляет тип и степень угрозы, определяет приоритеты и стратегию радиоэлектронного подавления, вид и мощность помехи на каждую цель в порядке снижающейся приоритетности. Формирование помех полностью цифровым способом посредством коммутируемой матричной логической структуры позволяет перепрограммировать весь процесс радиоэлектронного подавления, включая пространственно-временную модуляцию помеховых сигналов, настройку по частоте, калибровку по мощности и момент излучения помехи. Это значит, что по мере совершенствования средств ПВО и авиации потенциального противника нет необходимости создавать новую аппаратуру РЭБ – достаточно обновлять ее математическое обеспечение [14].

Таким образом, техническая реализация наиболее перспективных процедур подавления РЛС включает в себя [14]:

- периодическую постановку помех (период создания помехи определяется временем доразведки и излучения помехи с заданными параметрами – процедура типа "Цикл");
- обеспечение функционирования в системе РЭП алгоритма подавления, включающего в себя своевременный расчет параметров помех (моментов начала и окончания создания помехи, частоты, мощности, ширины спектра и направления создания) и формирование помехи с требуемыми характеристиками сигналов – процедура типа "конвейер";
- обеспечение в системе РЭП процедуры преобразования входного сигнала с помощью местного гетеродина в сигнал промежуточной частоты, аналого-цифровом преобразовании, стробировании, запоминании фазовой структуры сигнала и формировании помехи путем модуляции сигнала по амплитуде и фазе с задержкой по времени излучения – процедура типа DRFM (цифровая радиочастотная память).

За последние годы в области развития комплексов РЭБ наметился существенный прогресс в рамках трех классов защиты [15]:

1. Индивидуальной;
2. Индивидуально-взаимной;
3. Групповой.

Этот прогресс обусловлен разработкой следующих направлений [15]:

- оптимальное управление ресурсами подавления (формирование по отношению к каждой конкретной РЭС соответствующих видов помех с параметрами, гарантирующими ее эффективное подавление);
- обеспечение эффективного выбора приоритетности объектов РЭБ (например, избирательное подавление РЛС, исходя из степени угрозы для защищаемого ЛА).

Развитие средств РЭБ авиационного базирования в последние годы сосредоточено на совершенствовании средств и комплексов РЭБ, позволяющих увеличить вероятность выполнения боевой задачи при минимальных потерях ЛА. Основными факторами при этом являются следующие [71]:

- комплексная оптимизация характеристик средств РЭБ и снижения заметности с учетом особенностей объектов защиты, массогабаритных и энергетических ограничений;
- построение аппаратуры по принципам, обеспечивающим наращивание ее по функциональным возможностям и техническим параметрам, что позволяет легко проводить их последующую модернизацию;
- глубокая функциональная и аппаратурная интеграция РЭС различного назначения в составе комплекса с целью совершенствования алгоритмов обработки информации и принятия решения для высокоэффективной реализации задач РЭБ;
- повышение точности пеленгации и моноимпульсное измерение частоты источника излучения, необходимое для угловой селекции РЛС с целью совершенствования информации-

онной поддержки применения бортового ВТО, в частности целеуказания ракетам с радиолокационными ГСН;

- реализация регулируемой чувствительности аппаратуры РТР в комплексе РЭБ для осуществления целеуказания ракетам с радиолокационными ГСН по боковым лепестками диаграммы направленности антенн РЭС и организации эффективного применения расходуемых средств;

- существенное повышение качества адаптации параметров помех к характеристикам каналов подавляемых РЭС по несущей частоте, поляризации, спектру и задержке в реальном масштабе времени для обеспечения скрытности применения помех и минимальных энергетических потерях;

- формирование конфликтно-устойчивых видов помех с улучшенными имитационными свойствами на основе DRFM, нейтрализующих возможные виды обработки информации в объектах подавления;

- расширение рабочих частотных диапазонов комплекса РЭБ и освоение новых диапазонов для сокращения аппаратуры помех и расширения номенклатуры подавляемых средств;

- обеспечение возможности обмена информацией между комплексами РЭБ различных ЛА, позволяющей формировать пространственно-распределенные помехи при защите строя ЛА;

- "дозированное" по мощности излучение помех и обеспечение практически мгновенного формирования диаграмм направленности антенн передатчиков помех;

- разработка аппаратуры создания когерентных и некогерентных помех, излучаемых с одного или нескольких ЛА, для противодействия угломерным координаторам вне зависимости от применяемого способа пеленгации;

- разработка быстродействующих спецпроцессоров и применение высокопроизводительных бортовых ЭВМ с целью обеспечения высокой пропускной способности и уменьшения времени реакции на вновь возникающие угрозы;

- разработка широкополосных передатчиков, в том числе с применением АФАР, с высоким КПД, с пониженным уровнем внеполосных и побочных излучений, с малым уровнем собственных шумов для улучшения массогабаритных и энергетических характеристик аппаратуры и обеспечения электромагнитной совместимости на борту ЛА;

- формирование облака искусственных пространственно-распределенных поглощающих образований, позволяющих уменьшить ЭПР защищаемого объекта и создать области пространственно-информационной неопределенности;

- массивное и комплексное применение средств создания активных помех и расходуемых средств РЭБ нового поколения (передатчиков и ретрансляторов одноразового действия, авиационных ложных целей, буксируемых ловушек), существенно усложняющих радиоэлектронную обстановку и приводящих к дефициту временного ресурса РЛС при обслуживании истинных целей;

- разработка номенклатуры узлов и блоков 5-го поколения в модульном исполнении для формирования нового класса средств РЭБ для малоразмерных объектов широкого применения.

Для авиационных комплексов РЭБ перспективными направлениями их развития и повышения эффективности является [72]:

- применение специальных видов помех против РЛС с пространственной компенсацией помех;

- оптимальное адаптивное управление ресурсами системы защиты ЛА по составу и динамике их использования;

- использование бортовых многофункциональных РЛС в качестве высокопотенциальных средств помех и информационной поддержки системы помех, в частности для сопровождения атакующих управляемых ракет на траектории;

- комплексный учет применения разнородных средств РЭБ – станций активных помех, пассивных помех, ложных целей, противорадиолокационных ракет.

Разработка цифрового когерентного приемника с функциями пеленгатора источников излучения обеспечит возможность совмещения функций РТР и РЭП в одном элементе и тем самым решит задачи обнаружения и анализа угрозы с одновременной постановкой помех несколь-

ким целям, создавая предпосылки временного и пространственного управления ресурсами подавления. Возможность когерентного цифрового приемника на базе технологии DRFM позволит имитировать для РЛС противника фантомы цели со всеми необходимыми характеристиками, особенностями "портрета" цели по отражательной способности, динамике движения, протяженности (геометрических размеров), спектральных характеристик объекта. Решение проблемы создания широкополосного когерентного цифрового приемника, работающего в реальном масштабе времени при современной сложной фоно-целевой обстановке, позволит обеспечить защиту ЛА от современного и перспективного управляемого оружия [73].

Направления и основные пути создания перспективной техники РЭП ориентированной на подавление РЛС приведены в табл. 6.4 [74].

Таблица 6.4

**Основные направления создания перспективной техники,  
ориентированной на подавление РЛС**

Направления	Пути реализации
Обеспечение энергетической избыточности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использование мощных электровакуумных приборов и антенн с большими КНД;</li> <li>– использование ФАР и АФАР;</li> <li>– создание помех из нескольких точек пространства;</li> <li>– приближение средств помех к объекту подавления;</li> <li>– использование РЛС для создания помех</li> </ul>
Обеспечение информационной избыточности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разведка всех параметров РЭО, в том числе координат источников излучения в реальном масштабе времени;</li> <li>– запоминание и воспроизведение когерентных и сверхширокополосных сигналов</li> </ul>
Обеспечение частотной избыточности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использование приемо-передающей элементной базы с широкополосностью 2 октавы и более;</li> <li>– применение широкополосных ФАР;</li> <li>– создание двух диапазонных антенных систем</li> </ul>
Обеспечение возможностей перманентной модернизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использование принципа открытой архитектуры при выборе функционально-технической структуры комплекса;</li> <li>– обеспечение электромагнитной совместимости, информационной и программной совместимости технических устройств</li> </ul>
Повышение уровня системной организации	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение функционально-технического сопряжения разнородных комплексов РЭП при решении общих задач;</li> <li>– аппаратурная интеграция комплексов РЭП с РЭС защищаемых объектов</li> </ul>
Использование помех, обеспечивающих перевод РЛС в нештатный режим работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание комбинированных помех, переводящих систему в режим СДЦ, в том числе с использованием ракет – постановщиков помех;</li> <li>– сочетание нестационарных маскирующих и имитирующих помех высокой плотности;</li> <li>– создание поляризационных и когерентных помех;</li> <li>– создание помех, использующих конструктивные особенности РЛС, а также особенности алгоритмов обработки сигналов в ней</li> </ul>
Развитие средств РЭП, инвариантных к параметрам излучаемых РЛС сигналов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание пассивных и активных ретрансляционных ловушек и ложных целей;</li> <li>– развитие оружия, самонаводящегося по излучениям РЛС;</li> <li>– создание средств функционального поражения РЛС и изменения условий распространения ЭМВ;</li> <li>– снижение заметности защищаемых объектов и комплексная оптимизация средств РЭП и снижения заметности</li> </ul>

Реализация вышеуказанных направлений развития техники РЭП ориентированных на подавление РЛС должна обеспечить возможность создания нового поколения комплексов и систем РЭП, в том числе [15]:

- адаптивных комплексов РЭП для индивидуально-взаимной защиты ЛА от ВТО с радиолокационными и комбинированными ГСН, аппаратно-интегрированных с БРЭО защищаемых объектов;
- многофункциональных адаптивных пространственно-распределенных систем РЭП для индивидуально-взаимной защиты и многоэлементных объектов от РЭР и ВТО;
- многофункциональных пространственно-распределенных систем РЭП, средств РЭР, радионавигации, связи и управления оружием "воздух – поверхность" для защиты войск и объектов инфраструктуры, информационно и функционально сопряженных с системами ПВО;
- средств РЭП с новыми физическими принципами формирования ЭМИ для функционального поражения РЛС.

### **6.3. Программные элементы развития средств РЭБ ВС США**

Ключевой особенностью современных и разрабатываемых средств РЭБ является включение их в бортовое РЭО с общим управлением. Такой принцип структурной организации присущ всем авиационным средствам РЭБ независимо от типов носителей, к которым относятся специализированные самолеты РЭБ, боевые самолеты, самолеты военно-транспортной авиации, вертолеты и БЛА, включая маневрирующие ложные цели [75].

Рассматривая структуру взаимодействия более высокого порядка, следует отметить комплексный подход к решению боевых задач ВВС, который заключается в организации согласованного применения всех имеющихся в наличии ресурсов. Комплексный подход может быть реализован только при условии четкого распределения функций между силами и средствами, полного владения информацией о собственных силах и силах противника, а также при наличии отлаженной схемы взаимодействия в рамках формируемого единого информационно-коммуникационного пространства [75].

Программа развития ВС США в настоящее время содержит ряд программных элементов (ПЭ), связанных с созданием новых и модернизацией существующих авиационных средств РЭБ [75].

ПЭ "Боевые электронные системы" (Electronic Combat Technology) включает три проекта. Целью данного ПЭ является разработка экспериментальных образцов технических средств, обеспечивающих ВВС возможности по ведению радиоэлектронной борьбы. Усилия американских специалистов направлены на разработку радиоэлектронных компонентов и подсистем для проведения операций в воздушно-космическом пространстве.

Проект 633720 предполагает развитие возможностей оперативного реагирования на изменения радиоэлектронной обстановки, а также разработку высокоэффективных способов РЭП и физического поражения [75].

В частности, планируется создать системы поражения направленной энергией, средства и алгоритмы воздействия вредоносными программными средствами на вычислительные системы и АСУ, многоспектральные радиоэлектронные средства, а также проводить эксперименты на РЭС систем противовоздушной обороны [75].

Целями проекта 63431G являются разработка экспериментальных образцов средств РЭБ и обеспечение ситуационной осведомленности экипажей ЛА. Работы ведутся по двум основным направлениям [75].

Первое связано с совершенствованием средств предупреждения о радиолокационном облучении и ракетной атаке. Работы включают разработку приемных устройств, новых алгоритмов предварительной обработки данных, а также создание и оценку программного обеспечения для использования существующих и будущих радиоэлектронных систем и средств [75].

Второе направление предполагает создание компонентов средств РЭП, включая антенные системы и усилители мощности [75].

Приоритет получила разработка технологий и методов РЭП для противодействия существующим и будущим угрозам в радиодиапазоне, предусматривающая [75]:

- проведение лабораторных экспериментов и моделирование методов адаптивного РЭП;
- разработку опытного ПО для системы РЭП с элементами искусственного интеллекта;
- демонстрацию концепции радиоэлектронной защиты своих РЭС в условиях появления новых угроз в радиодиапазоне.

Цель проекта 63691X – создание и испытание экспериментальных образцов средств оптико-электронного противодействия (инфракрасных головок самонаведения управляемых ракет) оптико-электронным, в том числе лазерным системам наведения и целеуказания [75].

К основным направлениям работ относятся [75]:

- анализ уровня уязвимости современных ИК-систем управления ракетным оружием и чувствительности перспективных ИК-датчиков;
- исследование перспективных технологий создания эффективных средств оптико-электронного противодействия.

ПЭ "Применение авиационных средств РЭБ" (АЕА – Airborne Electronic Attack) направлен на разработку способов применения, оценку эффективности, формирование требований и распределение задач между средствами РЭБ в рамках единой системы их применения путем моделирования различных условий обстановки. Также ПЭ АЕА включает изучение технических рисков при создании средств РЭБ, разработку и корректировку плана их финансирования [75].

В рамках проекта 655192 предусмотрено следующее [75]:

- моделирование операций и оценка эффективности применения авиационных систем РЭП при решении авиационными средствами оборонительных и наступательных задач;
- проведение анализа вариантов боевого применения индивидуальных средств РЭБ по обеспечению живучести истребителей четвертого поколения в ходе различных операций, в том числе асимметричных боевых действий.

ПЭ "Разработки в области РЭБ" (Electronic Warfare Development) включает проект 653891, в рамках которого ведутся работы по летным испытаниям расходуемых средств оптико-электронного подавления. Основной целью проекта является повышение живучести самолета за счет разработки и модернизации средств защиты от УР классов "воздух – воздух" и "земля – воздух" с перспективными ИК- и комбинированными РЛ/ИК головок самонаведения управляемых ракет [75].

ПЭ "Активно-пассивная система предупреждения об угрозах и обеспечения живучести самолета F-15E" (EPAWSS – Eagle Passive/Active Warning and Survivability System) включает один одноименный проект [75].

Данный ПЭ предназначен для замены комплекса РЭБ TEWS (Tactical Electronic Warfare System) из состава системы индивидуальной защиты тактического истребителя F-15E на более совершенную активно-пассивную систему предупреждения и обеспечения живучести – EPAWSS. Предполагается, что она существенно улучшит ситуационную осведомленность экипажа и повысит эффективность противодействия современным и будущим угрозам в условиях сложной РЭО [75].

EPAWSS позволит осуществлять в автоматическом режиме обнаружение, идентификацию и противодействие угрозам в радио- и оптическом диапазонах электромагнитных волн (ЭМВ). Она обеспечит отображение типов, местоположения, режимов работы РЭС управления оружием наземных средств ПВО и бортовых РЛС истребителей для последующих действий экипажа по выполнению маневра или оказанию противодействия угрозам [75].

Исполнительная подсистема EPAWSS предположительно будет состоять из автомата выброса расходуемых средств РЭБ (ложных тепловых целей, дипольных отражателей), активных средств РЭП и буксируемых ложных целей. Сама же EPAWSS должна решать задачи как индивидуальной, так и групповой защиты группы самолетов [75–M1].

ПЭ "Модернизация специального бортового оборудования самолета РЭБ ЕС-130Н "Компас Колл" включает проект 674804. Основной целью мероприятий является поэтапная модернизация специального бортового радиоэлектронного оборудования самолета ЕС-130Н для

обеспечения эффективного противодействия существующим и перспективным РЭС управления войсками и оружием вероятного противника. Основные усилия направлены на совершенствование подсистем анализа и формирования сигналов, контейнеров с аппаратурой РЭП SPEAR (Special Emitter Array), программного обеспечения, разработку новых способов противодействия угрозам в радио- и оптическом диапазонах волн, установку цифровых многофункциональных дисплеев в кабину экипажа, интеграцию бортового радиоэлектронного оборудования в единое информационно-коммутиционное пространство (ЕИКП) [75].

В рамках проекта 674804 ведутся работы, связанные с новым интерфейсом взаимодействия "человек – машина", установкой новой передающей антенной решетки, технологиями приема и обработки сигналов, радиоэлектронного подавления РЛС, РЭС спутниковой навигации и связи [75].

В рамках ПЭ "Перспективные технологии в области электромагнитных систем" (Electromagnetic Systems Advanced Technology) осуществляется финансирование проекта 2913 [75].

Проводимые исследования направлены на разработку технологий, которые бы позволили перейти от разрозненного применения систем и средств к формированию системы в рамках концепции ведения боевых действий в ЕИКП, включающей разведывательные системы, средства РЭБ и связи [75].

Целью НИОКР, выполняемых в рамках проекта 2913, является разработка технологий в области радиоэлектроники для создания бортовых радиоэлектронных и оптоэлектронных разведывательных датчиков, систем и средств РЭБ, связи и глобального позиционирования. Одно из основных направлений связано с разработкой перспективных технологий по интеграции антенных систем бортовых радиоэлектронных средств (средств РЭБ, РЛС, средств связи и навигации) в единые многофункциональные антенные системы [75].

В рамках ПЭ "Тактическая система направленного оптико-электронного противодействия" (TADIRCM – Tactical Airborne Directed Infrared Countermeasures) осуществляется финансирование работ по созданию и испытаниям индивидуальных систем оптоэлектронного противодействия и защиты летательных аппаратов ВМС и МП США. В рамках ПЭ "Модернизация специализированных самолетов РЭБ EA–18G" (EA–18 Squadrons) предусмотрено финансирование проекта 3063. Целью настоящей программы является модернизация и расширение номенклатуры вооружения и специального оборудования палубного самолета РЭБ EA–18G, "Гроулер", а также разработка новых способов его боевого применения. Продолжаются работы по созданию средств РЭП нового поколения и их интеграции в состав бортового РЭО самолета [75].

Согласно данному проекту осуществляется модернизация бортового РЭО самолета РЭБ с целью увеличения возможностей по обнаружению, определению местоположения и распознаванию РЭС противника для их последующего радиоэлектронного подавления и обеспечения применения УР класса "воздух – РЛС" линейки HARM (High-speed Anti-Radiation Missile) [75].

Проектом 3063 предусмотрены [75]:

- интеграция РЭК самолета EA–18G в ЕИКП, в результате чего он сможет применяться как автономно в качестве наступательного авиационного комплекса РЭБ, так и в качестве узлового элемента ЕИКП при ведении боевых действий с задачами РРТР и РЭБ;
- разработка ПО для бортового РЭО, в рамках которого продолжается модернизация существующего ПО, направленного на оптимизацию управления БРЭК самолета, его подсистемой, увеличение возможностей по ведению РЭБ;
- опытная эксплуатация EA–18G, в рамках которой продолжаются летные испытания модернизируемых БРЭО и ПО самолета в различных условиях обстановки;
- разработка способов и тактических приемов применения EA–18G в рамках возможных будущих операций с участием ВМС США в период до 2030 года.

В рамках ПЭ "Разработки в области РЭБ" (Electronic Warfare Dev) осуществляется финансирование трек проектов. Целью настоящей программы является разработка и модер-

низация систем и средств РЭБ авиации ВМС и МП США, а также оценка степени радиоэлектронной защиты своих РЭС управления войсками и оружием для эффективного противодействия перспективным средствам вооружения противника, функционирующим в электромагнитном спектре [75].

Проект 0556 предусматривает модернизацию систем и средств РЭБ для их эффективного функционирования в сложной РЭО, что достигается путем применения современных и разработкой новых методов обработки сигналов, технологий отображения информации, повышением возможностей подсистем РЭП, совершенствованием тактических приемов ведения РЭБ [75].

Основные усилия в рамках данного проекта направлены на решение следующих задач [75]:

- снижение рисков, связанных с модернизацией "низкочастотного" компонента тактической системы РЭП AN/ALQ-99 ICAP III, испытание этой системы в лабораторных условиях;

- выработку мер по эффективному противодействию существующим и перспективным РЭС управления войсками и оружием;

- интеграцию систем радиоэлектронной борьбы в единый комплекс на борту специализированного самолета РЭБ, улучшение возможностей по обнаружению, идентификации угроз, автоматическому определению мер противодействия и избирательному, прицельному РЭП отдельных РЭС в условиях большой плотности их размещения в зоне боевых действий.

В рамках проекта 1742 ведутся следующие работы [75]:

- модернизация системы РЭБ AN/ALQ-99 ICAP III до версии Block 7, включающая интеграцию системы РЭБ AN/ALQ-99 ICAP III с системами РЭП радиосвязи AN/ALQ-113, РТР AN/ALQ-218 и аппаратурой системы обмена информацией и связи "Линк-16";

- оптимизация способов РЭП, заключающаяся в разработке новых тактических приемов, алгоритмов применения систем РЭБ и РЭП AN/ALQ-99, AN/USQ-113, AN/ALQ-218, системы РТР AN/ALQ-227, автоматов выброса расходуемых средств РЭБ AN/ALE-43, МЛЦ MALD и MALD-J и БЛЦ AN/ALE-55 для повышения эффективности противодействия будущим угрозам в радиодиапазоне электромагнитных волн;

- испытание и оценка эффективности расходуемых средств РЭБ на самолетах F/A-18E/F.

Целью проекта 2175 является модернизация индивидуальных средств РЭБ тактической авиации ВМС США [75].

Интегрированная система РЭБ индивидуальной защиты самолетов IDECM (Integrated Defensive Electronic Countermeasures) Block 3 создана в результате модернизации системы IDECM Block 2. В частности, предусматривалась замена бортовых ложных целей AN/ALE-50 на БЛЦ, выполненную с применением оптоволоконных технологий FODT (Fiber Optic Towed Decoy) AN/ALE-55. Функциональное объединение таких БЛЦ с системами РЭБ (AN/ALQ-214, AN/ALR-67(V), AN/ALE-47) позволяет значительно повысить эффективность защиты самолета от управляемого оружия в сложной радиоэлектронной обстановке [75].

В рамках проекта проводятся мероприятия по усовершенствованию интегрированной системы РЭБ индивидуальной защиты IDECM до модификации Block 4. Основной целью является ее унификация для различных типов носителей (F/A-18CD/E/F) и замена устаревших систем РЭБ AN/ALQ-126B на самолетах F/A-18C/D, что значительно повысит их живучесть [75].

В рамках проекта также продолжается замена БЛЦ AN/ALE-50 на ложные цели с применением оптоволоконных технологий FODT AN/ALE-55 [75].

В рамках ПЭ "Система РЭП следующего поколения" NGJ предусмотрено финансирование двух проектов – 0557 и 3380. Их конечной целью является разработка новой системы РЭП для замены существующей тактической системы AN/ALQ-99. Конструкция системы РЭП нового поколения должна быть модульной, с открытой архитектурой, позволяющей проводить модернизацию с минимальными затратами [75].

Реализация обоих проектов призвана обеспечить предельные возможности системы РЭП следующего поколения NGJ по противодействию перспективным угрозам в радиочастотном диапазоне. Ее разработка предполагает три этапа наращивания возможностей, каждому из которых соответствует свой диапазон частот. Порядок определен согласно приоритетам противодействия РЭС управления войсками и оружием [75].

Приоритетным считается условно "средний диапазон" (0,5–18 ГГц), который соответствует первому этапу наращивания возможностей при разработке системы NGJ. Второму этапу соответствует "низкий диапазон" (0,1–0,5 ГГц), третьему – "высокий диапазон" (предположительно 18–40 ГГц) [75].

ПЭ "Усовершенствование управляемых ракет класса "воздух – РЛС" HARM" (HARM Improvement) содержит три проекта [75].

В настоящее время на вооружении ВВС и ВМС США состоит ПРЛР AN/AGM–88C Block 5A (AN/AGM–88D) с комбинированной системой самонаведения (инерциальная, с коррекцией по сигналам СРНС "Навстар", пассивная РЛ) с дальностью пуска до 100 км [75].

Программа модернизации ракеты предусматривает: увеличение дальности пуска; расширение номенклатуры объектов поражения; повышение точности и устойчивости наведения на цель; испытание данных ракет на реальных комплексах ПВО зарубежных стран, закупаемых у организаций и стран-партнеров [75].

В результате работ по модернизации ракеты AN/AGM–88C класса "воздух – РЛС" планируется принятие на вооружение в 2017–2020 годах перспективной ПРЛР AN/AGM–88E AARGM (Advanced Anti–Radiation Guided Missile) с комбинированной системой самонаведения (инерциальная, с коррекцией по сигналам СРНС "Навстар", пассивная радиолокационная, активная радиолокационная – миллиметровый диапазон длин волн), внешний вид которой представлен на рис. 6.2 [75].

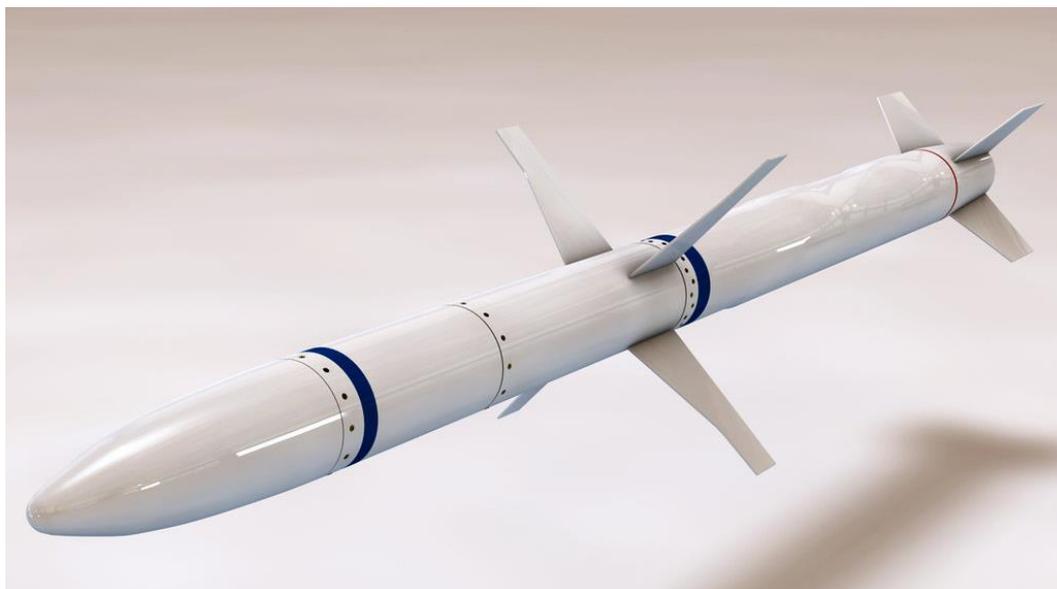


Рис. 6.2. Противолокационная ракета AN/AGM–88E AARGM

Ожидается, что эта ракета будет способна осуществлять: наведение на цель, в том числе прекратившую работу на излучение, с помощью активной системы самонаведения, функционирующей в миллиметровом диапазоне длин волн на конечном участке траектории полета; учет всех объектов поражения, известных комплексов ПВО, в том числе перспективных; сетевое целеуказание и наведение (ракета может быть запущена по целеуказаниям соседних самолетов боевого порядка). Дальность пуска ПРЛР до 150 км (дальнейшая модернизация AN/AGM–88E ER – Extended Range – до 200 км; принятие на вооружение планируется в 2018–2020 годах) [75].

В рамках ПЭ "Технологии в области систем и средств РЭБ" (Electronic Warfare Technology) проводятся НИОКР по созданию экспериментальных образцов технических средств, предназначенных для определения местоположения, нейтрализации и функционального поражения РЭС управления и связи противника. При этом разрабатываются технологии, касающиеся как наступательных средств РЭП, так и средств индивидуальной защиты самолета. Одновременно рассматриваются вопросы вскрытия РЭО и радиоэлектронного подавления РЭС управления войсками и оружием противника в целях обеспечения живучести самолета РЭБ [75].

Проект К15 направлен на разработку экспериментальных образцов средств радиоразведки и РЭП современных и перспективных тактических средств связи и информационно-вычислительных сетей противника, совершенствование сбора и обработки разведанных по средством использования воздушных и наземных систем и средств, а также формирование целеуказаний по удаленным РЭС. Основным алгоритмом работы систем и средств является: перехват–идентификация–определение местоположения–радиоподавление тактических систем связи противника [75].

Проект К16 направлен на повышение живучести наземных и воздушных платформ СВ США. В его рамках разрабатываются экспериментальные образцы средств РРТР и РЭП, обеспечивающие обнаружение, определение местоположения, радиоэлектронное подавление РЛС и ГСН управляемых ракет классов "земля – воздух" и "воздух – воздух", а также радиовзрывателей дистанционно инициируемых боеприпасов. При этом используются разведывательные датчики радио- и оптического диапазонов, а также средства активного и пассивного радиоэлектронного противодействия [75].

К проводимым в рамках проекта мероприятиям относятся [75]:

- разработка технологий создания ИК-средств противодействия с распределенной апертурой; совершенствование устройств предупреждения о лазерном и радиолокационном облучении; использование перспективной двухполосной ИК-системы предупреждения о ракетной атаке, завершение разработки аппаратной части цифровой системы предупреждения о ракетной атаке.

- разработка индивидуальных средств РЭБ для защиты воздушных и наземных платформ: модернизация широкополосных генераторов для передатчиков помех нового поколения с увеличенной мощностью, широкополосных приемников с повышенной скоростью демодуляции сигналов и обработки данных, а также обеспечения электромагнитной совместимости РЭС (РЭБ и связи) на борту носителя.

- обеспечение ведения РЭБ в условиях сетевой организации систем и средств. Обнаружение, идентификация и определение местоположения источников радиосигналов в целях обеспечения защиты сил/войск.

В рамках указанных мероприятий разрабатываются новые алгоритмы обработки данных, а также интегрирования разведсведений и формирования карт в единые геолокационные комплексы [75].

В целом в США активно проводятся работы по созданию и унификации современных многофункциональных авиационных средств РЭБ и РЭП. Усовершенствованные и создаваемые средства будут обеспечивать эффективное решение задач в рамках единого информационно-коммуникационного пространства и размещаться на всех типах специализированных воздушных носителей – самолетах, вертолетах и БЛА [75].

## Заключение

На протяжении 80–90-х гг. прошлого века информационные технологии за счет своего революционного развития проникали во все сферы жизнедеятельности человека. Это в конечном итоге привело к тому, что уровень использования новых информационных возможностей, степень развитости информационных сетей и систем, а также степень их интеграции стали важными показателями развитости государства. В этих условиях возникли новые, специфичные именно для информационной эпохи угрозы и, как следствие, новые формы ведения боевых действий. При этом именно информационные технологии обеспечили прорывное развитие средств вооружений и систем управления ими. Достижения информационно-технической революции были использованы для создания высокоточного оружия, информационных систем и средств военного назначения, прорывных исследований в военной радиоэлектронике. Именно ее достижения являются той основой, на которой строится вся система вооружения современной армии. Это, в свою очередь, обусловило и изменение подходов к ведению войны. В условиях "тотальной информатизации" получила распространение концепция сетецентрической войны как стратегического взгляда на ведение войны в новых военно-технических условиях. Вместе с тем, эта концепция является уязвимой для средств информационного воздействия, в частности, систем РЭБ. Именно системы РЭБ могут обеспечить решительный перевес в будущей сетецентрической войне и нивелировать преимущество технологически более развитого противника. Таким образом, концепция сетецентрических войн выводит на новый качественный уровень как новую среду ведения военного противоборства – информационное пространство, так и новый вид вооружения – информационное оружие. В настоящей работе были глубоко проанализированы роль и место радиоэлектронной борьбы в современной структуре ВС США. Проведен анализ тенденций развития систем РЭБ, а также типовых способов их применения на основе анализа вооруженных конфликтов в Югославии, Ираке и Ливии.

В настоящее время РЭБ является наиболее старейшей и в наибольшей степени методически развитой областью ведения противоборства за счет воздействия на информационные параметры конфликтующих военно-технических систем. По мнению автора, именно теория РЭБ за более чем вековую историю своего активного развития содержит многократно апробированные и высокоэффективные способы воздействия на информационно-технические системы, основанные на дестабилизации информационного обмена. Таким образом, развитие теории информационного противоборства (особенно в технической сфере) должно быть основано на научно-методическом заделе в этой области.

## Список литературы

1. Макаренко С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах XXI века. Монография. – СПб.: Научно-технологические исследования, 2017. – 546 с.
2. Сидорин А. Н., Прищепов В. М., Акуленко В. П. Вооруженные силы США в XXI веке: военно-теоретический труд. – М.: Кучково поле; Военная книга, 2013. – 800 с.
3. Горбачёв Ю., Вахрамов С. Взгляды командования Сухопутных войск США на сущность и содержание радиоэлектронной войны // Зарубежное военное обозрение. 2011. №9. С. 34–41.
4. Иванов И., Чадов И. Содержание и роль радиоэлектронной борьбы в операциях XXI века // Зарубежное военное обозрение. 2011. № 1. С. 14–20.
5. Антонович П.И., Макаренко С.И., Михайлов Р.Л., Ушанев К.В. Перспективные способы деструктивного воздействия на системы военного управления в едином информационном пространстве // Вестник Академии военных наук. 2014. № 3 (48). С. 93–101.
6. Барабанов М.С., Денисенцев С.А., Кашин В.Б., Лавров А.В., Пухов Р.Н., Федутин Д.В., Хетагуров А.А., Шеповаленко М.Ю. Радиоэлектронная борьба. От экспериментов прошлого до решающего фронта будущего / Под ред. Н.А. Колесова и И.Г. Насенкова. – М.: Центр анализа стратегий и технологий, 2015. – 248 с.
7. Перунов Ю. М., Мацукевич В. В., Васильев А. А. Зарубежные радиоэлектронные средства / Под ред. Ю.М. Перунова. В 4-х книгах. Кн. 2: Системы радиоэлектронной борьбы. – М.: Радиотехника, 2010. – 352 с.
8. Жуков В. Взгляды военного руководства США на ведение информационной войны // Зарубежное военное обозрение. 2001. № 1.
9. Емельянов Ю. Взгляды руководства ВС США на ведение электронной войны в операциях XXI века с использованием сил воздушно-космического нападения // Зарубежное военное обозрение. 2015. № 9. С. 63–72.
10. Евграфов В. Перспективы использования зарубежными вооруженными силами беспилотных летательных аппаратов для решения задач РЭБ // Зарубежное военное обозрение. 2009. № 10. С. 53–58.
11. Заповев С. Разведывательное обеспечение перспективных формирований СВ США модульного типа // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 10. С. 32–36.
12. Заповев С. Развитие систем сбора, обработки, анализа и распределения разведывательной информации в Сухопутных войсках США // Зарубежное военное обозрение. 2010. № 1. С. 42–50.
13. Греков В. Автоматизированные системы обработки и анализа разведывательных данных ASAS // Зарубежное военное обозрение. 1990. № 12. С. 27–35.
14. Куприянов А. И., Шустов Л. Н. Радиоэлектронная борьба. Основы теории. – М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.
15. Леньшин А. В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления – Воронеж: Научная книга, 2014. – 590 с.
16. Перунов Ю. М., Фомичев К. И., Юдин Л. М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Под ред. Ю.М. Перунова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с.
17. Исаков Е. Е. Устойчивость военной связи в условиях информационного противоборства. – СПб.: Изд. Политехн. ун-та, 2009. – 400 с.
18. Самсонов Л. П. Результаты экспериментального исследования возможностей создания помех радиорелейным и тропосферным станциям в диапазоне 50...600 МГц // Труды в/ч 25871. 1967. №7 (264). С. 73–84.

19. Исаков Е. Е., Петухов В. Г., Хохлов В. А. Материалы исследований реальной помехозащищенности линий тропосферной связи на горном ТВД в условиях РЭП. Отчет по испытаниям. – Тбилиси, 1976. – 56 с.
20. Соколов А. Состояние и перспективы развития военно–воздушных сил США // Зарубежное военное обозрение. 2015. №5. С. 61–70.
21. Юрьев М. Авиация ВМС США – регулярные силы и резервный компонент // Зарубежное военное обозрение. 2014. №3. С. 62–73.
22. Евграфов В. Развитие авиационных средств РЭБ и их применение в современных вооруженных конфликтах // Зарубежное военное обозрение. 2011. № 2. С. 60–65.
23. Яшин С. Бортовые радиоэлектронные средства защиты летательных аппаратов // Зарубежное военное обозрение. 2016. № 6. С. 71–75.
24. Круглов Е. Перспективы развития американских авиационных средств РЭБ и тактика их применения в современных вооруженных конфликтах // Зарубежное военное обозрение. 2014. № 2. С. 57–63.
25. Война в эфире. Часть 2 // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 30.05.2017. – URL: <https://topwar.ru/116560-voyna-v-efire-chast-2.html> (дата обращения: 15.10.2017).
26. Яшин С. Перспективы развития авиационных групповых средств радиоэлектронной борьбы ВС США // Зарубежное военное обозрение. 2015. № 2. С. 70–75.
27. Максименков А. Основные программы ВВС США по созданию средств радиоэлектронной борьбы // Зарубежное военное обозрение. 2010. № 1. С. 54–58.
28. Майбуров Д. Г. Анализ современных воздушных платформ радиоэлектронной борьбы иностранных государств // Проблемы безопасности российского общества. 2013. № 2/3. С. 91–96.
29. Яшин С. Авиационные групповые средства РЭБ вооружённых сил США // Зарубежное военное обозрение. 2016. №9. С. 64–68.
30. Гонка противорадиолокационных ракет // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 12.04.2017. – URL: <https://topwar.ru/113006-gonka-protivoradiolokacionnyh-raket.html> (дата обращения: 15.10.2017).
31. Добыкин В. Д., Куприянов А. И., Пономарев В. Г., Шустов Л. Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / Под ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 468 с.
32. Electronic Weapons: Caesar Turns Into Nero // Strategy Page [Электронный ресурс]. 2015. – URL: <https://www.strategypage.com/htm/w/htecm/articles/20140804.aspx> (дата обращения: 19.10.2017).
33. Ветлугин Р., Макаренко А. Взгляды командования сухопутных войск США на реорганизацию боевых бригад // Зарубежное военное обозрение. 2016. №1. С. 48–56
34. Панов А. Организация управления и связи в боевых бригадах Сухопутных войск США // Зарубежное военное обозрение. 2011. №6. С. 33–43.
35. Евграфов В. Перспективы использования зарубежными вооруженными силами беспилотных летательных аппаратов для решения задач РЭБ // Зарубежное военное обозрение. 2009. № 10. С. 53–59.
36. Максименков А. Современные наземные средства радиотехнической разведки иностранных государств // Зарубежное военное обозрение. 2013. №6. С. 51–57.
37. Романов Р. Состояние и перспективы развития системы управления боевых бригад СВ США // Зарубежное военное обозрение. 2014. №7. С. 44–49
38. Заповлев С. Разведывательное обеспечение перспективных формирований СВ США модульного типа (часть 2) // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 11. С. 33–38.
39. AN/ALQ–151A Quickfix // Global Security [Электронный ресурс]. 28.07.2011. – URL: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/quickfix.htm> (дата обращения: 19.10.2017).
40. Sikorsky EH–60A Quick Fix II // Авиа Стар [Электронный ресурс]. 28.07.2011. – URL: [http://www.aviastar.org/helicopters\\_rus/sik\\_quickfix-r.html](http://www.aviastar.org/helicopters_rus/sik_quickfix-r.html) (дата обращения: 19.10.2017).

41. Кондратьев А. Перспективный комплекс РПТР и РЭВ сухопутных войск США Профет // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 7. С. 37–41.
42. Intelligence and Electronic Warfare (IEW) System Fact Sheets. – Fort Huachuca, Arizona: U.S. Army Intelligence Center, 1994. 39 p. – URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a390663.pdf> (дата обращения: 19.07.2016).
43. AN/MLQ–40 Prophet // Global Security [Электронный ресурс]. 28.07.2011. – URL: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/prophet.htm> (дата обращения: 19.07.2016).
44. Стрелецкий А. Американский перспективный наземный комплекс ведения радиоэлектронной войны "Вулфпак" // Зарубежное военное обозрение. 2002. № 10. С. 27–28.
45. Judson J. Will Russian Aggression Ramp Up US Army Focus on Electronic Warfare Needs? // Defense News. 07.03.2016. – URL: <http://www.defensenews.com/story/defense/show-daily/ausa-global-force/2016/03/07/russian-aggression-ramp-up-us-army-focus-electronic-warfare-needs/81249312/> (дата обращения: 19.10.2017).
46. FY 2015 budget request funds Electronic Warfare Development. PE 0604270A: Electronic Warfare Development Army. – U.S. Army, 2014. – 31 p. – URL: [http://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2015/army-peds/0604270a\\_5\\_pb\\_2015.pdf](http://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2015/army-peds/0604270a_5_pb_2015.pdf) (дата обращения: 19.10.2017).
47. Electronic Warfare Planning and Management Tool (EWPMT) // United States Army Acquisition Support Center [Электронный ресурс]. 2016. – URL: <http://asc.army.mil/web/portfolio-item/iews-electronic-warfare-planning-and-management-tool-ewpmt/> (дата обращения: 19.07.2016).
48. Осипов В. Ю., Ильин А. П., Фролов В. П., Кондратюк А. П. Радиоэлектронная борьба. Теоретические основы. Учеб. пособие для вузов. – Петродворец: ВМИРЭ, 2006. – 302 с.
49. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. 2–е изд., испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2004 – 432 с.
50. Акбашев Б. Б., Балюк Н. В., Кечиев Л. Н. Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий. – М.: Грифон, 2014. – 472 с.
51. Михайлов В. А. Разработка методов и моделей анализа и оценки устойчивого функционирования бортовых цифровых вычислительных комплексов в условиях преднамеренного воздействия сверхкоротких электромагнитных излучений. Дисс. ... докт. техн. наук. – М.: НИИ "Аргон", 2014. – 390 с.
52. Владимиров В. А., Лебедев А. В. Анализ состояния и тенденций развития современных видов оружия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2012. № 2. С. 61–80.
53. Буренок В. М., Ляпунов В. М., Мудров В. И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. – М.: Изд-во "Вооружение. Политика. Конверсия", 2005. – 418 с.
54. Гриняев С. Н. Поле битвы – киберпространство. Теория, приемы, средства, методы и системы ведения информационной войны. – М.: Харвест, 2004. – 426 с.
55. Щербинин Р. Перспективные боевые части высокоточного оружия США // Зарубежное военное обозрение. 2010. № 4. С. 58–63.
56. Баталин Е. Создание в США оружия на новых физических принципах // Зарубежное военное обозрение. 2015. № 6. С. 31–40..
57. Мясников В. Лазерные амбиции Пентагона остыли до киловаттного уровня // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 05.08.2011. – URL: [http://nvo.ng.ru/armament/2011-08-05/8\\_pentagon.html](http://nvo.ng.ru/armament/2011-08-05/8_pentagon.html) (дата обращения: 28.01.2016).
58. Laser Weapon System (LaWS) // YouTube [Электронный ресурс]. 08.04.2013. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=OmoldX1wKYQ&feature=youtu.be> (дата обращения: 19.01.2017).

59. США будут оснащать военные корабли лазерным оружием // РИА Новости [Электронный ресурс]. 09.04.2013. – URL: <https://ria.ru/world/20130409/931642162.html> (дата обращения: 19.01.2017).
60. ВМС США вооружились лазерной пушкой, чтобы сбивать дроны, сообщают СМИ // РИА Новости [Электронный ресурс]. 18.11.2014. – URL: [https://ria.ru/defense\\_safety/20141118/1033980337.html](https://ria.ru/defense_safety/20141118/1033980337.html) (дата обращения: 19.01.2017).
61. Area Defense Anti–Munitions (ADAM) // Lockheed Martin [Электронный ресурс]. 2012. – URL: <http://www.lockheedmartin.com/us/products/ADAM.html> (дата обращения: 19.01.2017).
62. Lockheed Martin Demonstrates New Ground–Based Laser System in Tests Against Rockets and Unmanned Aerial System // Lockheed Martin [Электронный ресурс]. 27.11.2012. – URL: <http://www.lockheedmartin.com/us/news/press–releases/2012/november/1127–ss–adam.html> (дата обращения: 19.01.2017).
63. RQ–4 Global Hawk оснастят боевым лазером // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 29.08.2017. – URL: <https://topwar.ru/123590–rq–4–global–hawk–osnastyat–boevym–lazerom.html> (дата обращения: 29.08.2017).
64. Настоящее и будущее беспилотной авиации. Часть 1 // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 25.01.2016. – URL: <https://topwar.ru/89642–nastoyaschee–i–budushee–bespilotnoy–aviacii–chast–1.html> (дата обращения: 29.06.2016).
65. Армия США провела испытания наземного боевого лазера против воздушных целей // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 13.12.2013. – URL: <http://nvo.ng.ru/news/452359.html> (дата обращения: 28.01.2016).
66. Excalibur Prototype Extends Reach of High–Energy Lasers // DARPA [Электронный ресурс]. 03.06.2014. – URL: <http://www.darpa.mil/news–events/2014–03–06> (дата обращения: 19.01.2017).
67. Настоящее и будущее беспилотной авиации. Часть 2 // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 28.01.2016. – URL: <http://topwar.ru/89909–nastoyaschee–i–budushee–bespilotnoy–aviacii–chast–2.html> (дата обращения: 23.02.2016).
68. Франция создаст полностью электрический корабль // Lenta.ru [Электронный ресурс]. 28.10.2010. – URL: <https://lenta.ru/news/2010/10/28/advansea/> (дата обращения: 21.01.2017).
69. Rheinmetall: Successful Target Engagement with High–Energy Laser Weapons // Defence–Aerospace.ru [Электронный ресурс]. 22.11.2014. – URL: <http://www.darpa.mil/news–events/2014–03–06> (дата обращения: 19.01.2017).
70. Маевский Ю. И. Научно–технические проблемы развития систем и средств радиоэлектронной борьбы // Тем. сборник "Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации". – М.: ООО "Компания "Информационный мост", 2013. – С. 122–124.
71. Гриб В. Н. Проблемные вопросы создания авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы // Сб. докл. Всероссийской научно–практической конференции "Академические Жуковские чтения". – Воронеж: ВУНЦ ВВС "ВВА", 2013. – С. 71–77.
72. Козлов С. В., Карпухин В. И., Лазаренков С. М. Модели конфликта авиационных систем радиоэлектронной борьбы и противовоздушной обороны. Монография. – Воронеж: ВУНЦ ВВС "ВВА", 2013. – 468 с.
73. Лобанов Б. С. 70 лет на фронте радиоэлектронной борьбы // Тем. сб. "Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации". – М.: ООО "Компания "Информационный мост", 2013. – С. 142–143.
74. Баринов С. П., Карпухин В. И. Методы обоснования и направления развития техники радиоподавления радиолокации // Радиотехника. 2010. № 6. С. 74–79.
75. Яшин С. Перспективы развития авиационных средств РЭБ ВС США // Зарубежное военное обозрение. 2017. №3. С. 66–71.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список используемых сокращений.....	3
Введение .....	6
1. РОЛЬ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ РЭБ .....	7
1.1. Основные термины, определения и классификация систем РЭБ, принятые в ВС США.....	7
1.2. Совершенствование структуры подразделений сил РЭБ ВС США в условиях перехода к концепции сетецентрических войн.....	16
1.3. Типовой сценарий использования сил и средств РЭБ .....	19
2. РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ПОДАВЛЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ .....	23
2.1. Системы управления оружием как объекты подавления.....	23
2.2. Подавление радиолокационных станций систем управления оружием.....	24
2.3. Системы связи как объекты подавления .....	26
2.4. Помехозащищенность радиолиний отдельных родов связи .....	28
2.5. Особенности подавления спутниковых радионавигационных систем.....	36
3. СИЛЫ И СРЕДСТВА РЭБ БОЕВОЙ АВИАЦИИ ВВС И АВИАЦИИ ВМС США.....	37
3.1. Системы и средства РЭБ для индивидуальной защиты самолетов .....	37
3.1.1. Авиационные бортовые системы предупреждения об облучении радиолокационными станциями комплексов ПВО .....	37
3.1.2. Авиационные бортовые системы РРТР .....	41
3.1.3. Бортовые средства и комплексы РЭБ для индивидуальной защиты авиации от систем ПВО .....	42
3.1.4. Ложные воздушные цели .....	52
3.1.5. Противорадиолокационные ракеты .....	56
3.2. Специализированные авиационные комплексы РЭБ ВС США .....	58
3.2.1. Современные тенденции развития и применения специализированных авиационных комплексов РЭБ.....	58
3.2.2. Специализированные авиационные комплексы РЭБ .....	61
3.2.3. Системы РЭБ на основе БПЛА .....	71
4. РЭБ В СУХОПУТНЫХ ВОЙСКАХ ВС США .....	75
4.1. Задачи РЭБ в соединениях и объединениях СВ США нового облика .....	75
4.2. Штатные силы и средства РЭБ соединений и объединений СВ США .....	77
4.3. Приданые силы и средства РЭБ СВ США .....	81
4.4. Комплексы РЭБ СВ ВС США .....	85
4.5. Перспективные средства РЭБ СВ ВС США.....	91
5. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ.....	96
5.1. Общие принципы функционального поражения радиоэлектронных средств электромагнитным излучением .....	96
5.2. Особенности радиоэлектронного поражения СВЧ-излучением .....	99
5.3. Средства и боеприпасы функционального поражения СВЧ-излучением ВС США .....	103
5.4. Средства функционального поражения лазерным излучением ВС США .....	105

6. ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ РЭБ .....	110
6.1. Общие перспективы развития систем и средств РЭБ .....	110
6.2. Перспективы развития систем РЭБ для защиты авиации от радиолокационных станций комплексов ПВО .....	115
6.3. Программные элементы развития средств РЭБ ВС США .....	119
Заключение .....	125
Список литературы .....	126

Михайлов Роман Леонидович

**Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США**

Военно-теоретический труд

Оригинал-макет, подготовлен в Череповецком высшем военном инженерном училище радиоэлектроники

Ответственный за выпуск Михайлов Р.Л.

Редактор Хроболова Н.А.

Корректор Гордиенко В.В.

Отпечатано:

Издательство «Наукоемкие технологии»

ООО «Корпорация «Интел групп»

197372, Санкт-Петербург, пр. Богатырский, дом 32, к. 1 лит. А, пом. 6Н.

<http://publishing.intelgr.com>

Тел.: +7 (812) 945-50-63

E-mail: [publishing@intelgr.com](mailto:publishing@intelgr.com)

Гарнитура «TimesNewRoman». 9,8 п.л.  
Тираж 600 экз. Подписано в печать 20.03.2018.  
Материалы изданы в авторской редакции