

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В АВИАЦИОННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Одной из наиболее устойчивых тенденций развития военной радиоэлектроники зарубежные специалисты считают освоение новых, более высокочастотных диапазонов, что объясняется несколькими постоянно действующими факторами. Прежде всего увеличение количества радиоэлектронных средств, применяемых при ведении боевых действий, что вызывает перегрузку уже освоенных диапазонов. Кроме того, электромагнитные колебания с различными длинами волн обладают разными, часто взаимодополняющими свойствами. Это позволяет расширить возможности радиоэлектронных систем за счет использования радиоволн различных диапазонов. И наконец, по мнению иностранных экспертов, работа радиоэлектронных си-

стем в широкой области электромагнитного спектра усложняет противнику ведение радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

После второй мировой войны за рубежом были последовательно освоены диапазоны метровых и сантиметровых волн, а конец 70-х и 80-е годы характеризуются широким развертыванием научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание радиоэлектронных систем миллиметрового диапазона (к этому диапазону относят электромагнитные колебания с длиной волн 10—1 мм, которым соответствуют частоты 30—300 ГГц).

Миллиметровый диапазон, охватывающий полосу частот, равную 270 ГГц, с точки зрения условий распространения электромагнитных волн не является однородным. Так, с увеличением частоты затухание в нем растет приблизительно по линейному закону, но имеются три участка, соответствующих резонансным частотам кислорода и водяных паров, поглощение

в которых резко усиливается (см. рисунок). Для работы радиотехнических средств чаще всего используются участки миллиметрового диапазона с минимальным затуханием, называемые окнами прозрачности. Однако в ряде систем, предназначенных, в частности, для работы на малых дальностях, применяются и участки спектра с высоким поглощением. В табл. 1 приведены границы поддиапазонов, выделенных для работы радиотехнических средств Всемирной административной конференцией по радиосвязи, а также центральные частоты (длины волн), которыми иногда обозначаются эти поддиапазоны. На общей шкале электромагнитного спектра миллиметровые волны занимают промежуточное место между сантиметровыми волнами (СВЧ диапазон) и очень далекой ИК областью. Такое положение во многом определяет как свойства миллиметровых волн, так и характеристики радиоэлектронных систем данного диапазона.

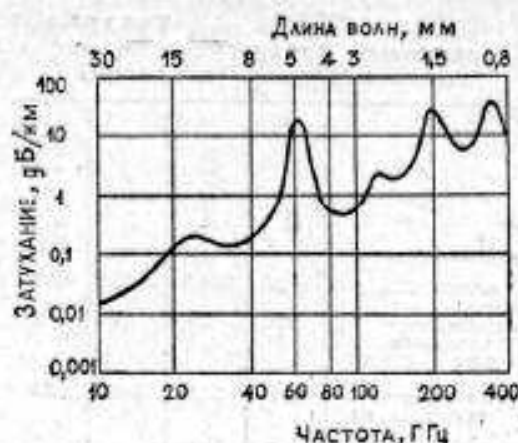
В зарубежной военной печати отмечаются следующие преимущества систем миллиметрового диапазона по сравнению с СВЧ системами:

— Возможность создания антенн с узкими диаграммами направленности. Подсчитано, например, что при диаметре антенны 0,12 м ширина ее диаграммы направленности по половинной мощности на частоте 94 ГГц составляет $1,8^\circ$, тогда как на частоте 10 ГГц — 18° . Это дает возможность повысить точность и скрытность работы систем, а также затрудняет создание им помех.

— Широкие полосы применяемых рабочих частот: в четырех окнах миллиметрового диапазона — 35, 94, 140, 230 ГГц они соответственно равны 16, 23, 26, 70 ГГц, то есть любое из окон больше всего используемого в настоящее время диапазона СВЧ. Это обеспечивает снижение взаимных помех от своих средств и усложняет противнику задачу организации электронного противодействия. Кроме того, считается, что в активных системах появляется возможность увеличить разрешение по дальности, в пассивных — повысить чувствительность.

Вместе с тем отмечается, что вследствие значительного затухания радиоволн в атмосфере радиолокационные системы миллиметрового диапазона по дальности действия значительно уступают СВЧ системам.

Считается, что по сравнению с электронно-оптическими средствами системы миллиметрового диапазона в меньшей степени подвержены влиянию метеословий. Они удовлетворительно работают в тумане и при облачности, и лишь осадки в виде дождя существенно снижают дальность их действия. Например, при густом тумане (дальность видимости 100 м) затухание в ИК и видимом оптическом диапазонах возрастает до 100 дБ/км и более, в то же время затухание миллиметровых волн не превышает нескольких децибел на километр. По мнению иностранных специалистов, системы миллиметрового диа-



Затухание радиоволн миллиметрового диапазона в атмосфере

пазона будут обладать преимуществами перед электронно-оптическими в реальных боевых условиях. Так, в ФРГ были проведены сравнительные исследования характеристик обнаружения целей миллиметровыми (94 ГГц) и электронно-оптическими системами в условиях разрывов снарядов на линии визирования цели. Результаты экспериментов показали незначительное влияние средств поражения на распространение миллиметровых волн: затухание сигнала составило 15 дБ в течение 0,9 с после разрыва снаряда, а затем цель, несмотря на пыль и дым, вновь обнаруживалась. Электронно-оптические средства в этом случае выходили из строя более чем на 20 с. Однако разрешающая способность систем миллиметрового диапазона ниже, чем у электронно-оптических.

Западные эксперты, давая общую оценку миллиметровому диапазону, отмеча-

Таблица 1
ОКНА ПРОЗРАЧНОСТИ И УЧАСТКИ ПОГЛОЩЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Поддиапазоны	Окно прозрачности		Участок поглощения	
	Центральная частота, ГГц	Центральная длина волны, мм	Центральная частота, ГГц	Центральная длина волны, мм
30—51,4	35	8,6		
51,4—66			60	5
66—105	94	3,2		
105—134			120	2,5
134—170	140	2,1		
170—190			180	1,7
190—275	230	1,3		

Таблица 2
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

	WX-50	AN/APQ-157	Salga	РЛС для ВВС
Частота, ГГц	35	34,5	35	95
Мощность в импульсе, кВт	100	25	7	2
Длительность импульса, нс	200	250	200	20
Частота повторения импульсов, кГц	2	4	-	5
Ширина диаграммы излучения антенны, град	1,5	-	1,3	0,43
Вес, кг	64	-	53	-
Объем, м³	0,07	-	-	-

ют, что этот участок электромагнитного спектра представляет собой как бы ком-промиссную область. В ней могут быть созданы радиоэлектронные системы, имеющие высокую точность, близкую к точности электроно-оптических средств, и в то же время обеспечивающие всепогодность и круглосуточность применения, что характерно для средств СВЧ диап-azona.

Интерес к системам миллиметрового диапазона появился еще в начале 40-х го-дов, однако первые серийные компонен-ты элементной базы были изготовлены почти 30 лет спустя. Причинами этой за-держки зарубежные специалисты считают недостаточную изученность условий рас-пространения миллиметровых волн и сложность разработки надежной элемент-ной базы. И если первая из этих причин в настоящее время практически устране-на, то решение второй проблемы потре-бует еще многих усилий. Считается, что наибольшие трудности представляет соз-дание мощных генераторных приборов. В иностранной печати сообщалось о разра-ботке диодов Ганна и магнетронов, рабо-тающих на частотах до 100 ГГц, клистро-нах и «Импатт» диодах (лавинно-пролет-ный диод в пролетном режиме), которые могут быть использованы на частотах со-ответственно 200 и 300 ГГц. Однако до-стигнутые уровни мощности и КПД этих приборов еще не удовлетворяют разра-ботчиков систем миллиметрового диап-azona.

Достижение необходимой выходной мощности систем обычно обеспечивается сложением мощностей нескольких генера-торных приборов. Сообщалось, например, о разработке передатчика в диапазоне 95 ГГц на «Импатт» диодах, обеспечиваю-щего мощность в импульсном режиме

40 Вт при сложении мощностей четырех диодов. В течение нескольких ближайших лет предполагается повысить мощности генераторов и сумматоров мощности на 3 и 10 дБ соответственно. Одной из по-следних тенденций является переход от использования микрополосковых элементов к монолитным интегральным схемам. Су-ществующие приемные устройства обе-спечивают перекрытие широких мгновен-ных полос пропускания, например с 26,5 до 40 ГГц и с 75 до 110 ГГц. В настоящее время, судя по сообщениям западной прессы, основные усилия направлены на создание систем, работающих в диапазо-не 26—40 ГГц.

Перечисленные преимущества и недо-статки миллиметровых волн явились ре-шающими факторами при определении об-ластей применения радиоэлектронных средств миллиметрового диапазона. В авиационной радиоэлектронике США и других стран НАТО в качестве основных областей использования систем миллимет-рового диапазона рассматриваются радио-локация, навигация, управление средства-ми поражения, связь и системы РЭБ.

Бортовые радиолокационные и на-вигационные системы. К ним, в частности, относится РЛС WX-50 американской фирмы «Вестингауз». Эта станция прошла летные испытания на са-молетах TA-4J, OV-10 и вертолете UH-1N, изучается возможность ее установки на штурмовике A-10 (см. цветную вклейку). Некогерентная 8-мм РЛС WX-50 обеспе-чивает работу в следующих режимах: об-лет препятствий и следование рельефу местности; обнаружение и селекция на-земных движущихся целей; картографиро-вание земной поверхности; измерение вы-соты полета; пеленгация источников излу-чения (основные характеристики этой и других РЛС приведены в табл. 2).

В режиме облета препятствий и сле-дования рельефу местности РЛС выдает на индикатор контурные линии профиля ме-стности, находящейся на расстоянии до 5 км впереди летательного аппарата, что дает возможность летчику пилотировать самолет на высоте около 60 м. Сектор сканирования по азимуту в режиме обле-та препятствий 12°. Станция обеспечивает селекцию наземных целей, движущихся со скоростью не менее 5 км/ч. Вертолеты и танки противника могут быть обнаружены на дальностях до 16 км.

В режиме пеленгации источников излу-чения благодаря широкополосности реф-лектора антенны РЛС может обнаружи-вать и определять координаты высокопри-оритетных излучающих целей и выдавать информацию об их азимуте в систему управления оружием. В режиме картогра-фирования на индикаторе РЛС отобража-ются участки местности на дальностях 9, 18, 27 или 50 км перед самолетом. Сектор сканирования по азимуту при картографи-ровании 70°.

РЛС оснащена сканирующей кассетно-новаской антенной диаметром 0,38 м. Ско-рость сканирования 60 град/с. Станция мо-жет устанавливаться в носовой части са-

молета или в подфюзеляжном контейнере, в последнем случае ее вес достигает примерно 132 кг. РЛС WX-50 имеет модульную конструкцию, выполнена в виде шести заменяемых блоков, оборудована встроенной системой контроля работоспособности. Среднее время наработки на отказ составляет 300 ч. Режим селекции движущихся наземных целей обеспечивается дополнительным процессором.

В иностранной печати отмечается, что летные испытания РЛС на штурмовике А-10 выявили ряд ее недостатков. В частности, неэффективно осуществлялась селекция движущихся целей. Кроме того, при работе в режиме следования рельефу местности возникала необходимость увеличения секторов обзора по азимуту и углу места, а при полете над поверхностью со слабым радиолокационным отражением РЛС должна работать только совместно с радиовысотомером.

Экспериментальная РЛС AN/APQ-137 фирмы «Эмерсон электрик» представляет собой импульсно-доплеровскую станцию, предназначенную для обнаружения наземных целей. В поисковом режиме ее сектор обзора 40°. РЛС обеспечивает селекцию целей, движущихся со скоростью 3—30 км/ч. Информация отображается на индикаторе диаметром 130 мм.

РЛС Saiga разработана французской фирмой «Марсель Дассо электроник» для установки на вертолетах в целях предотвращения столкновения с препятствиями и обеспечения полета в режиме следования рельефу местности в сложных метеорологических условиях и ночью. Станция имеет поле обзора по азимуту в передней и задней полусферах $\pm 80^\circ$ и по углу места относительно вектора скорости $\pm 10^\circ$. Дальность ее действия 5 км, разрешающая способность по дальности 30 м. Согласно сообщениям зарубежной прессы, проведенные летные испытания показали, что РЛС обеспечивает обнаружение препятствий в виде деревьев на дальности 3 км, а высоковольтных линий — до 1,5 км.

РЛС AN/APQ-122 разработана фирмой «Тексас инструментс» по заказу ВВС США и предназначена для установки на военно-транспортных самолетах в целях обеспечения десантирования в сложных метеоусловиях. В двухчастотной модификации станция функционирует в диапазонах 8—10 и 35 ГГц. При работе в сантиметровом диапазоне РЛС обеспечивает следующие дальности: при картографировании — 370 км, получении метеоинформации — 277 км, в режиме маяка — 445 км. Миллиметровый диапазон используется при работе станции на малых дальностях для определения координат наземных целей, а также отображения на индикаторе радиолокационной карты местности с высоким разрешением для опознавания ориентиров и десантирования. Сообщается, в частности, что РЛС может обнаруживать цели с ЭПР 50 м² при дожде интенсивностью 4 мм/ч.

В настоящее время двухчастотная РЛС

AN/APQ-122 устанавливается на отдельных самолетах C-130, RC-135 и KC-135.

Английская РЛС бокового обзора P391 работает в 8-мм диапазоне, выполнена в контейнерном варианте. Для приема и передачи используются по две антенны, каждая состоит из 12 вертикально установленных волноводов. Для получения изображений по обе стороны летательного аппарата производится попеременное подключение правых и левых антенн с частотой 237,5 Гц. Запись радиолокационной информации производится на фотопленку шириной 127 мм.

РЛС «Диана» (Diana) разрабатывается западногерманской фирмой «Сименс» и обеспечивает навигацию и картографирование земной поверхности. Она работает на частоте 35 ГГц. В выходном каскаде передатчика используется магнетрон. Волноводно-щелевая антенна РЛС включает три волновода, размещенных один над другим: центральный используется в качестве антенны передатчика, а верхний и нижний — приемника. Ширина диаграммы направленности антенны по азимуту и углу места составляет соответственно $0,7^\circ$ и 70° , сканирование в горизонтальной плоскости осуществляется в секторе $\pm 30^\circ$. В режиме картографирования координаты точек земной поверхности определяются на основе анализа доплеровских сдвигов частоты РЛС. Отображение картографируемой поверхности производится на цветном индикаторе, причем участки земной поверхности, находящиеся от самолета на дальностях до 1000 м, отображаются с помощью зеленого цвета, на дальностях 1000—4000 м — желтого, а 4000 м и более — синего.

РЛС «Тэлонс» (Talons — tactical avionics for, low level navigation and strike), созданная американской фирмой «Норден системз», предназначена для обеспечения навигации летательных аппаратов и нанесения ударов по наземным целям с малых высот. В зарубежной прессе отмечается, что «Тэлонс» является первой в НАТО РЛС 3-мм диапазона, прошедшей летные испытания. В ходе их намечалось оценить работу РЛС в режимах картографирования земной поверхности, предотвращения столкновения с землей, следования рельефу местности, управления бортовым оружием в сложных метеоусловиях, а также при наличии очагов пожара и дыма на поле боя. При испытаниях РЛС размещалась на самолете Т-39 в подфюзеляжном контейнере, в кабине устанавливались процессор станции, пульт управления и индикатор, а также процессор сигналов для оценки характеристик РЛС.

РЛС для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) предполагается использовать в целях разведки поля боя и целеуказания. Она имеет сектор обзора $\pm 20^\circ$, скорость сканирования 50 град/с, дальность обнаружения танка в ясную погоду 3 км, а при дожде интенсивностью 4 мм/ч — 2 км.

Системы наведения управляемых

средств поражения. Судя по сообщениям иностранной печати, такие преимущества радиоэлектронных систем миллиметрового диапазона, как малые размеры входных цепей и возможность использования в сложных метеословиях, особенно привлекают разработчиков авиационного управляемого оружия. Ниже приводятся сведения о некоторых таких системах.

Систему RAC (Radiometric Area Correlation) намечается устанавливать на американских крылатых ракетах. Она позволит более точно, по сравнению с системой «Терком», осуществлять наведение на среднем и конечном участках маршрута, а также при полете над ровной местностью. Как и в «Терком», в системе RAC реализованы корреляционно-экстремальные принципы управления. Отличие этих систем заключается в том, что в качестве информационного параметра в RAC служат уровни естественного радиотеплового излучения Земли, а датчиком поля является высокочувствительный приемник-радиометр. Согласно сообщениям западной прессы, фирмой «Сперри» по заказу ВВС США разработаны два радиометра, которые могут быть использованы в системе RAC (их основные характеристики приведены в табл. 3). В первом радиометре, работающем на частоте 35 ГГц, применены микрополосковые элементы, второй изготовлен на полупроводниковых приборах.

Система наведения ракет «Уосп». При ее создании был исследо-

ван и экспериментально проверен целый ряд принципов построения и подхода к конструированию систем наведения управляемых ракет класса «воздух—поверхность». Основной задачей являлась разработка головки самонаведения (ГСН), обеспечивающей возможность захвата цели на траектории без дополнительного целеуказания. В этих работах принимали участие на конкурсной основе такие ведущие американские фирмы, как «Хьюз», «Боинг», «Рокуэлл» и «Ханиуэлл», усилия которых были сосредоточены на создании радиолокационной ГСН миллиметрового диапазона.

По результатам конкурса командование ВВС США выбрало ГСН фирмы «Хьюз», работающую в 3-мм диапазоне. Считается, что увеличение затухания сигнала в атмосфере в 3-мм диапазоне по сравнению с 8-мм компенсируется повышением коэффициента усиления антенны. В то же время благодаря более высокому пространственному разрешению в 3-мм диапазоне облегчается решение проблемы выделения сигнала цели на фоне отражений от подстилающей поверхности. В передатчике ГСН фирмы «Хьюз» используется «Импатт» диод, а в гетеродине — диод Ганна. Антенна ГСН типа Кассегрена, с коническим сканированием.

Головка самонаведения функционирует в двух режимах: активном и пассивном. В активном она работает как обычная импульсно-доплеровская РЛС. Поиски и обнаружение цели осуществляются на дальностях 3—5 км в зависимости от метеословий. На конечном участке наведения, когда дальность до цели составляет 300—500 м, ГСН переходит в пассивный режим и работает по естественному излучению цели. Сообщается, в частности, что переход в пассивный режим оказался необходимым для повышения точности наведения. При сближении ракеты с целью зеркальное отражение от так называемых «блестящих точек» вызывает амплитудные и угловые флуктуации в системе наведения, которые могут привести к увеличению промаха. Использование же широкополосного пассивного приемника дает возможность снизить влияние этого эффекта.

В большинстве разрабатываемых систем наведения используются ГСН 8- и 3-мм диапазонов (основные их характеристики приведены в табл. 4). Вместе с тем иностранные специалисты не исключают возможности создания систем наведения управляемого оружия малой дальности в 5-мм диапазоне. Сильное затухание радиоволн этого диапазона, по их мнению, усложнит противнику ведение радиотехнической разведки и подавление средств 5-мм диапазона. Сообщалось, например, о разработке 5-мм ГСН на диоде Ганна для управляемых артиллерийских снарядов, обеспечивающей обнаружение малогабаритной наземной цели на дальности 300 м. В целом, судя по сообщениям зарубежной прессы, опыт создания американскими фирмами радиолокационных ГСН миллиметрового диапазона показал

Таблица 3
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОМЕТРОВ

Характеристика	8-мм радиометр	3-мм радиометр
Центральная частота, ГГц . . .	35	94
Размеры без входных цепей и блоков питания, мм	29×76×112	100×95×115
Вес, кг . . .	0,27	0,74
Полоса УВЧ, МГц	1200	—
Полоса УПЧ, МГц	600	730
Полоса на выходе фильтра, кГц . .	150	150
Коэффициент шума, дБ	7,0	12,5
Температурная чувствительность, град	1,5	3,5
Время измерения, с	4,0—0,4	—
Время прогрева и стабилизации, с .	60	—
Потребляемая мощность, Вт . . .	6,6	—
Диапазон рабочих температур, °С . .	—25 — +55	+5 — +30

возможность разработки головок самонаведения весом 4,5—6,5 кг, длиной 30—40 см и диаметром 10—18 см.

Системы радиосвязи. Совершенствованию спутниковых систем связи Пентагон постоянно уделяет пристальное внимание, поскольку до 70 проц. сообщений дальней военной связи передается по спутниковым каналам. При этом американские эксперты считают, что существующие линии спутниковой связи являются недостаточно помехозащищенными и подвержены воздействию ядерных взрывов. Одним из направлений повышения эффективности работы, по их мнению, является внедрение линий связи миллиметрового диапазона.

Эксперименты в этом направлении проводятся в США со второй половины 60-х годов. Так, условия распространения радиоволн 8-мм диапазона были исследованы с помощью ИСЗ AIS-5. Первый ИСЗ с приемно-передаточной аппаратурой миллиметрового диапазона AIS-6 был запущен в США в мае 1974 года. Испытания по установлению связи с самолетами и кораблями на частотах 20 и 30 ГГц проходили в течение двух лет. Позднее работы по созданию спутниковой системы связи миллиметрового диапазона были продолжены с использованием ИСЗ LES-8 и -9, выведенных в марте 1976 года на круговые синхронные орбиты. На спутниках была установлена аппаратура дециметрового (225—400 МГц) и миллиметрового (36,6—38,1 ГГц) диапазонов*.

Новый этап развития спутниковых систем связи военное руководство США связывает с появлением системы «Милстар» (Milstar — military strategic — tactical and relay). Ее разработка считается краеугольным камнем в планах нынешней американской администрации по модернизации системы управления вооруженными силами. Так, в меморандуме президента Рейгана Пентагону в марте 1984 года создание системы «Милстар» названо «программой с наивысшим национальным приоритетом». Она предназначена для обеспечения связью 4000 абонентов стратегического и тактического звеньев управления, станции системы планируются установить на самолетах, кораблях, подводных лодках, наземных стационарных и подвижных объектах. Развернуть систему «Милстар» намечается в конце 80-х — начале 90-х годов.

Военные специалисты США считают, что «Милстар» обеспечит более высокие помехозащищенность и живучесть, чем существующие системы спутниковой связи. Отмечается, в частности, что использование в системе «Милстар» миллиметрового диапазона позволит сократить время ее возвращения к нормальной работе после высотных ядерных взрывов.

Система «Милстар» будет включать семь действующих ИСЗ и один резерв-

* Подробнее об экспериментах со спутниками LES-8 и -9 см.: Зарубежное военное обозрение, 1985, № 3, с. 18—20. — Ред.

Таблица 4

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ГСН
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА**

Характеристика	ГСН 8-мм диапазо- на	ГСН 3-мм диапазо- на
Центральная частота, ГГц	36	95
Режим	Активно-пассив- ный	Активно-пассив- ный
Полоса УВЧ, ГГц	2,0	1,0
Полоса УПЧ, МГц	900	800
Мощность в импульсе, Вт	7,5	10
Длительность импульса, нс	60	50
Частота повторения импульсов, кГц	72	78
Диаметр антенны, мм	200	150
Ширина диаграммы направленности антенны, град	3,0	1,5
Усиление антенны, дБ	34,5	39,5
Уровень боковых лепестков, дБ	-17	-17
Частота конического сканирования, Гц	100	200
Угол отклонения луча от оси антенны, град	1,5	0,25
Длительность строка дальности, нс	60	50
Скорость сканирования, град/с	60	150
Сектор обзора по азимуту, град	±30	±20

ный. Четыре спутника должны находиться на геостационарной орбите — над Индийским океаном, восточной и западной частями Тихого океана и Атлантическим океаном. Связь объектов, расположенных на высоких географических широтах, намечается поддерживать через три ИСЗ, выведенных на высокоэллиптические полярные орбиты.

Связь в системе планируется осуществлять в двух диапазонах: миллиметровом и сантиметровом, причем канал Земля — ИСЗ будет работать на частоте 44 ГГц, а ИСЗ—Земля — 20 ГГц. Каждый спутник будет иметь 50 миллиметровых и четыре дециметровых канала для ретрансляции данных и телефонных сообщений со скоростями 2,4 кбит/с и 75 бит/с. С целью повышения помехозащищенности предполагается использовать широкополосные сигналы и псевдослучайную перестройку несущей частоты в пределах 2 ГГц. В качестве антенны на ИСЗ намечается применить многолучевую фазированную антен-

кую решетку. Считается, что она позволит при обнаружении факта постановки помех противником автоматически изменить положение диаграммы направленности в пространстве таким образом, чтобы ее минимумы были направлены в сторону источника помех. По мнению американских военных специалистов, для подавления спутниковых каналов, в которых применены такие меры помехозащиты, понадобится гиротронный генератор мощностью 1 МВт с антенной диаметром около 10 м. Автономные бортовые системы ориентации и маневрирования на орбите должны обеспечить планируемый 10-летний срок эксплуатации ИСЗ. Запуск первого спутника системы «Милстар» намечается на 1988 год. Командование ВВС США предполагает использовать систему «Милстар» для осуществления связи стратегических бомбардировщиков, воздушных командных пунктов, самолетов-заправщиков, самолетов ДРЛО и управления как между собой, так и с наземными и корабельными командными пунктами.

Системы РЭБ. В зарубежной печати отмечается, что создание радиоэлектронных систем военного назначения, работающих в новых диапазонах, неизбежно ведет к разработке аппаратуры радиоэлектронного подавления (РЭП) соответствующих частот. Считается, что особенности систем миллиметрового диапазона вызывают появление множества новых проблем перед разработчиками аппаратуры РЭП и в то же время облегчают создание средств и методов помехозащиты РЛС. К этим особенностям относят узкие диаграммы направленности антенн, широкий диапазон выбора рабочей частоты, возможность использования широкополосных псевдослучайных сигналов. Антенны миллиметровых волн имеют более высокое, чем СВЧ антенны, отношение основного лепестка диаграммы направленности к боковым, поэтому подавление по боковым лепесткам усложняется. Серьезную проблему представляет также подавление ГСН ракет, работающих в пассивном режиме.

Многие системы РЭП рассчитаны на чисто энергетическое подавление, однако у мощных генераторов, миллиметровых волн невысокий КПД, что усложняет системы охлаждения. Гиротроны, хотя и обладают довольно высоким КПД, имеют большие размеры. Высокомощные генераторы миллиметровых волн, как правило, недолговечны и требуют напряжения питания порядка 20—100 кВ. В западной печати сообщается, что в настоящее время в США созданы лампы бегущей волны для

системы РЭП 8-мм диапазона мощностью около 10 Вт в непрерывном режиме.

В разрабатываемых в США системах РЭП модульной конструкции предусматривается возможность наращивания блоков, обеспечивающих подавление в новых частотных диапазонах. Так, в состав системы РЭП AN/AIQ-165, предназначенной для установки на самолетах F-14, F-18, EA-6B, A-8B, F-111, F-16 и некоторых других, намечается ввести передатчик 8-мм диапазона. Сообщалось также о проведении работ по созданию бортовых обнаружительных приемников миллиметрового диапазона.

Эффективность применения пассивных средств РЭП в миллиметровом диапазоне снижается, так как узкие диаграммы направленности радиоэлектронных систем обеспечивают малые объемы разрешения. В зарубежной прессе отмечалось малоэффективное использование дипольных отражателей в виде полуволновых или четвертьволновых вибраторов из алюминия для создания помех системам, работающим на частотах выше 20—35 ГГц. В целях создания пассивных средств РЭП более высокочастотных диапазонов проводятся эксперименты с различными аэрозольями.

Оценивая состояние и перспективы освоения миллиметрового диапазона, иностранные эксперты отмечают, что радиоэлектронные системы этого диапазона находят все более широкое применение в авиации стран НАТО. Их внедрение связывается с новым этапом развития высокоточного оружия, поскольку высокие требования предъявляются не только к точности, но и к степени круглослучности и всепогодности действия такого оружия. Судя по сообщениям западной печати, в настоящее время на вооружении за рубежом имеется несколько радиоэлектронных систем 8-мм диапазона, разработка же систем, работающих в коротковолновой части миллиметрового диапазона, задерживается из-за отсутствия надежной элементной базы. Так, изготовлено несколько экспериментальных систем 3-мм диапазона, две из них прошли этап летных испытаний (РЛС «Тэлони» и ГСН УР «Уоспи»). В 2- и 1-мм диапазонах пока проводятся лишь лабораторные исследования. Сообщается также, что Пентагон не планирует полностью заменить существующие электронно-оптические и СВЧ средства системами миллиметрового диапазона. Рассматриваются лишь варианты рационального совместного использования и комплексирования разрабатываемых систем с уже находящимися на вооружении.

