

Тема № 1. Теоретические основы построения систем вооружения зенитных ракетных войск

Занятие № 2. Воздушные радиолокационные цели

Учебные вопросы

1. Основные типы воздушных радиолокационных целей.
2. Основные характеристики воздушных радиолокационных целей.

1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВОЗДУШНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ

В теории радиолокации под целями принято понимать любые объекты, сведения о которых получаются радиолокационными средствами. Общая классификация радиолокационных целей (РЛЦ), принятая в теоретической радиолокации, строится на основе анализа характера и интенсивности отраженных от них сигналов, значений их измеренных координат и иных признаков которые можно определить, изучая принятые сигналы, но не имея априорной информации об исследуемом объекте.

Основными классификационными признаками при общем анализе РЛЦ принято считать:

а) *место расположения объекта*, по нему различают космические РЛЦ, воздушные РЛЦ, надводные РЛЦ, наземные РЛЦ;

б) *размер объекта*, по нему различают большие РЛЦ, средние РЛЦ, малые РЛЦ;

в) *характер отметки на экране индикатора*, по нему различают сосредоточенные РЛЦ (наблюдаются в виде компактной отметки - точки, дуги и т.д.), распределенные РЛЦ (наблюдаются в виде протяженной отметки - например, отражения от земной или водной поверхности, дождя, снега, облаков и тому подобного);

г) *скорость движения объекта* (для доплеровских РЛС);

- д) *высота нахождения цели* (для космических и воздушных РЛЦ);
- е) *количество отметок на индикаторе* (одиночная или групповая РЛЦ).

Следует отметить, что при рассмотрении систем военного назначения цель это не только объект, информация о котором получается радиолокационными средствами, это еще и объект, обладающий определенной степенью опасности на который необходимо наводить средства поражения, например зенитные управляемые ракеты (ЗУР).

Следовательно, при изучении зенитной ракетной системы (ЗРС) из всего разнообразия РЛЦ следует выделить лишь цели, относящиеся к наступательным системам вооружения, предназначенным для боевого применения в воздушно-космическом пространстве, которые принято называть средствами воздушно-космического нападения (СВКН). Способы их боевого применения и вооружение будут изучаться в курсе тактики ЗРВ, а на сегодняшней лекции будут рассмотрены их свойства и параметры как РЛЦ.

Ограничение, позволяющее из всего множества целей выделить только СВКН, снижает априорную неопределенность при анализе РЛЦ и позволяет опираться на известные тактико-технические характеристики объектов.

В первом вопросе лекции будут рассмотрены основные типы СВКН как РЛЦ, их классификационные признаки и качественная оценка их основных характеристик, количественная оценка их характеристик будет дана во втором вопросе.

Классификация СВКН известна, широко используется в тактических дисциплинах и будет подробно изучена в первом разделе дисциплины «Тактика ЗРВ». При описании РЛЦ используем ее как базовую и кратко ознакомимся.

1) *По боевому назначению* СВКН подразделяются на:

- стратегические (глубина воздействия по противнику более 1000 км);
- оперативно-тактические (до 1000 км);

- тактические (до 200 км).

2) *По способу полета* СВКН подразделяются на:

- космические - системы, заранее размещенные в околоземном пространстве и используемые для решения военных задач (не являются целями для изучаемой ЗРС);

- баллистические представляющие собой беспилотные летательные аппараты с ракетным двигателем, осуществляющие полет по баллистической траектории - баллистические ракеты (БР);

- аэродинамические - предназначены для полетов в атмосфере, как правило, используют подъемную силу крыла (корпуса) или винта;

- аэростатические - летательные аппараты легче воздуха.

3) В зависимости *от способа управления* ими СВКН могут быть пилотируемыми и беспилотными.

Пилотируемые аэродинамические средства включают в себя самолеты и вертолеты.

В зависимости от назначения самолеты подразделяются на классы: бомбардировщики; истребители; штурмовики; разведывательные; радиоэлектронной борьбы; дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО). Кроме этого существуют военно-транспортные самолеты, противолодочные самолеты, самолеты-заправщики; самолеты-ретрансляторы, воздушные командные пункты и ряд других.

Военные вертолеты также принято подразделять на несколько видов, основными из которых являются ударные, боевого обеспечения, транспортные и многоцелевые.

Беспилотные аэродинамические средства включают:

- крылатые ракеты (КР) - реактивные управляемые ракеты, использующие подъемную силу крыльев;

- беспилотные летательные аппараты (БЛА) - могут решать как ударные, так и разведывательные задачи;

управляемое реактивное оружие - управляемые ракеты (УР) и управляемые авиационные бомбы (УАБ);

неуправляемые средства воздушного нападения.

В классе управляемых ракет следует обратить внимание на специальный вид ракет, предназначенный для поражения РЛС работающих на излучение. Такие ракеты принято называть противорадиолокационными (ПРР).

Для иллюстрации приведенной классификации рассмотрим несколько типичных средств воздушно космического нападения из различных классов.

Самолеты бомбардировщики.

Бомбардировщик В-52 (рис.1) разработан более полувека назад, обладает очень высокой радиолокационной заметностью, низкой маневренностью, может использоваться на больших, средних и малых высотах.



Рис. 1. Стратегический бомбардировщик В-52.

Бомбардировщик В-1 (рис. 2) разработан в 70-х годах прошлого века, обладает в 5-10 раз меньшей радиолокационной заметностью, низкой маневренностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах, при создании использованы элементы технологии снижения радиолокационной заметности «СТЕЛС».



Рис. 2. Стратегический бомбардировщик В-1

Бомбардировщик В-2 (рис. 3) является самым новым из стратегических бомбардировщиков состоящих на вооружении стран НАТО, обладает в 30-100 раз меньшей радиолокационной заметностью чем В-52, низкой маневренностью, может использоваться на больших, средних и малых высотах, создан с максимальным использованием технологии «СТЕЛС».



Рис. 3. Стратегический бомбардировщик В-2

Рассмотренные самолеты *по боевому назначению* являются стратегическими бомбардировщиками, *по способу полета* - аэродинамическими объектами, *по способу управления* - пилотируемыми объектами. Все стратегические бомбардировщики способны нести большое количество ядерного оружия, имеют на борту аппаратуру постановки активных и пассивных помех для РЛС различных диапазонов длин волн и средства создания ложных целей.

Истребители и штурмовики.

Истребитель F-15 (рис.4) предназначен преимущественно для ведения воздушного боя, обладает высокой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах.



Рис. 4. Истребитель F-15

Истребитель F-16 (рис.5) предназначен преимущественно для нанесения ударов по наземным целям, обладает высокой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах, может применяться для прорыва наземной системы ПВО.



Рис. 5. Истребитель F-16

Истребитель F-117 (рис.6) создан с максимальным использованием технологии «СТЕЛС», обладает низкой радиолокационной заметностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах, может применяться для прорыва наземной системы ПВО, маневренность F-117 существенно ниже, чем у истребителей, созданных по традиционным технологиям.



Рис. 6. Истребитель F-117

Истребитель F-22 (рис.7) истребитель 5-го поколения, создан с максимальным использованием технологии «СТЕЛС», обладает низкой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах, предназначен преимущественно для ведения воздушного боя.



Рис. 7. Истребитель F-22

Штурмовик А-10 (рис.8) предназначен для поражения малоразмерных подвижных наземных (надводных) целей, обладает высокой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью, может использоваться на больших, средних, малых и предельно малых высотах (в основном на малых и предельно малых), применяется для непосредственной поддержки сухопутных войск и сил флота.



Рис. 8. Штурмовик А-10

Рассмотренные самолеты *по боевому назначению* являются тактическими истребителями и штурмовиками соответственно, *по способу полета* - аэродинамическими объектами, *по способу управления* - пилотируемыми объектами. Все они несут на борту аппаратуру постановки активных и пассивных помех, в основном для РЛС дециметрового и сантиметрового диапазонов длин волн и могут оборудоваться средствами создания ложных целей. Тактические истребители могут вооружаться ПРП и нести на борту ядерное оружие.

Самолеты-разведчики и самолеты ДРЛО

Стратегический самолет-разведчик SR-71 (рис. 9) обладает высокой радиолокационной заметностью, низкой маневренностью, может использоваться на стратосферных, больших и средних высотах, несет на борту комплекс разведывательной аппаратуры, не имеет средств постановки помех и ПРП. Отличительной особенностью SR-71 является высокая скорость полета - 3300 км/ч (916 м/с) и способность летать на высотах до 40 км.



Рис. 9. Самолет разведчик SR-71

Самолет ДРЛО Е-3А AWACS (рис. 10) предназначен для разведки воздушного пространства, обнаружения летательных аппаратов противника и наведения на них своих самолетов, обладает очень высокой радиолокационной заметностью, низкой маневренностью, может использоваться на больших и средних высотах. Не несет на борту средств постановки помех и ПРР.



Рис. 10. Самолет ДРЛО Е-3А AWACS.

Военно-транспортные самолеты, вертолеты.

Военно-транспортный самолет С-141 (рис. 11) предназначен для доставки личного состава, вооружения и запасов материальных средств в районы их боевого предназначения, обладает очень высокой радиолокационной заметностью, низкой маневренностью, может использоваться на больших и средних высотах. Не несет на борту средств постановки помех и ПРР.



Рис. 11. Военно-транспортный самолет С-141.

Ударный вертолет АН-64А (рис. 12) предназначен для поражения с воздуха наземных и надводных целей противника, обладает высокой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью, может использоваться на средних, малых и предельно малых высотах. Может нести на борту средства постановки помех.



Рис. 12. Ударный вертолет АН-64А.

Средства поражения.

Баллистические ракеты средней дальности (БРСД) входят в зону действия ЗРК на нисходящем участке траектории, обладают низкой радиолокационной заметностью, движутся по баллистической кривой (как снаряд или пуля). Как правило, снаряжается ядерной боевой частью. БРСД отличается высокой скоростью полета - более 3600 км/ч (1000 м/с) и характерной формой траектории. Современные ЗРК способны обстреливать такие цели, но вероятность их поражения ниже, чем вероятность поражения аэродинамических целей.

Стратегическая крылатая ракета (СКР) AGM – 86 В (рис. 13) представляет собой управляемую ракету, снабженную несущими плоскостями (крыльями), обладает крайне низкой радиолокационной заметностью, высокой маневренностью и скоростью, может использоваться

на малых и предельно малых высотах. Как правило, снаряжается ядерной боевой частью.



Рис. 13. СКР AGM – 86 В.

Управляемые ракеты и управляемые авиационные бомбы. Следует обратить внимание на соотношение геометрических размеров самолета-носителя средств поражения и самих УР и УАБ (рис. 5,8). Очевидно, что средства поражения являются малоразмерными целями и обладают низкой радиолокационной заметностью. Кроме того УР характеризуются высокой маневренностью и скоростью движения.

2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ

Для обоснования количественных оценок характеристик СВКН рассмотрим их с точки зрения общих классификационных признаков РЛЦ, принятых в теоретической радиолокации.

По месту расположения, СВКН следует отнести к классам *космических* и *воздушных* целей. Наибольший интерес при изучении систем вооружения зенитных ракетных войск представляют воздушные цели, как основной объект, для борьбы с которым создавалось зенитное ракетное вооружение. Однако следует помнить, что зенитные ракетные комплексы малой и средней дальности имеют техническую возможность обстреливать

не только воздушные, но и наземные (надводные) цели. К таким комплексам относятся рассмотренные ранее зенитные ракетные комплексы (ЗРК) С-125, С-75 и С-300.

По размеру различные СВКН принадлежат к различным классам от больших до малых РЛЦ. Основанием для отнесения цели тому или иному классу служит не геометрический размер объекта, а его отражающие свойства, следовательно, в данной классификации термин «размер цели» служит аналогом термина «радиолокационная заметность цели».

Количественно радиолокационную заметность цели характеризуют ее эффективная поверхность рассеивания (ЭПР) и собственная диаграмма обратного вторичного излучения (ДОВИ).

Под ЭПР (рис. 14 а, б) цели понимается площадь эквивалентного отражателя $\sigma_{\text{ц}}$ (в м^2), размещенного в точке нахождения цели, который создает в точке стояния РЛС принятый сигнал такой же интенсивности $P_{\text{пр}}$, как и цель.

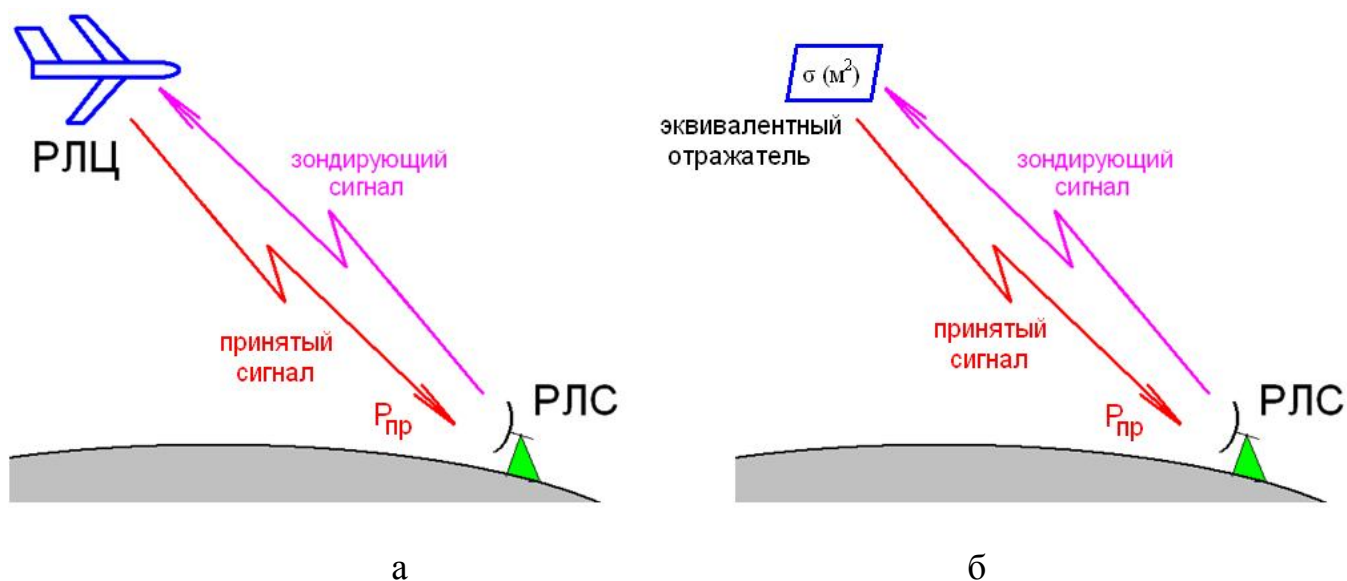


Рис. 14. Эффективная поверхность рассеивания цели.

Под ДОВИ (рис. 15) понимается зависимость мощности принятого РЛС сигнала от угла зрения на цель.

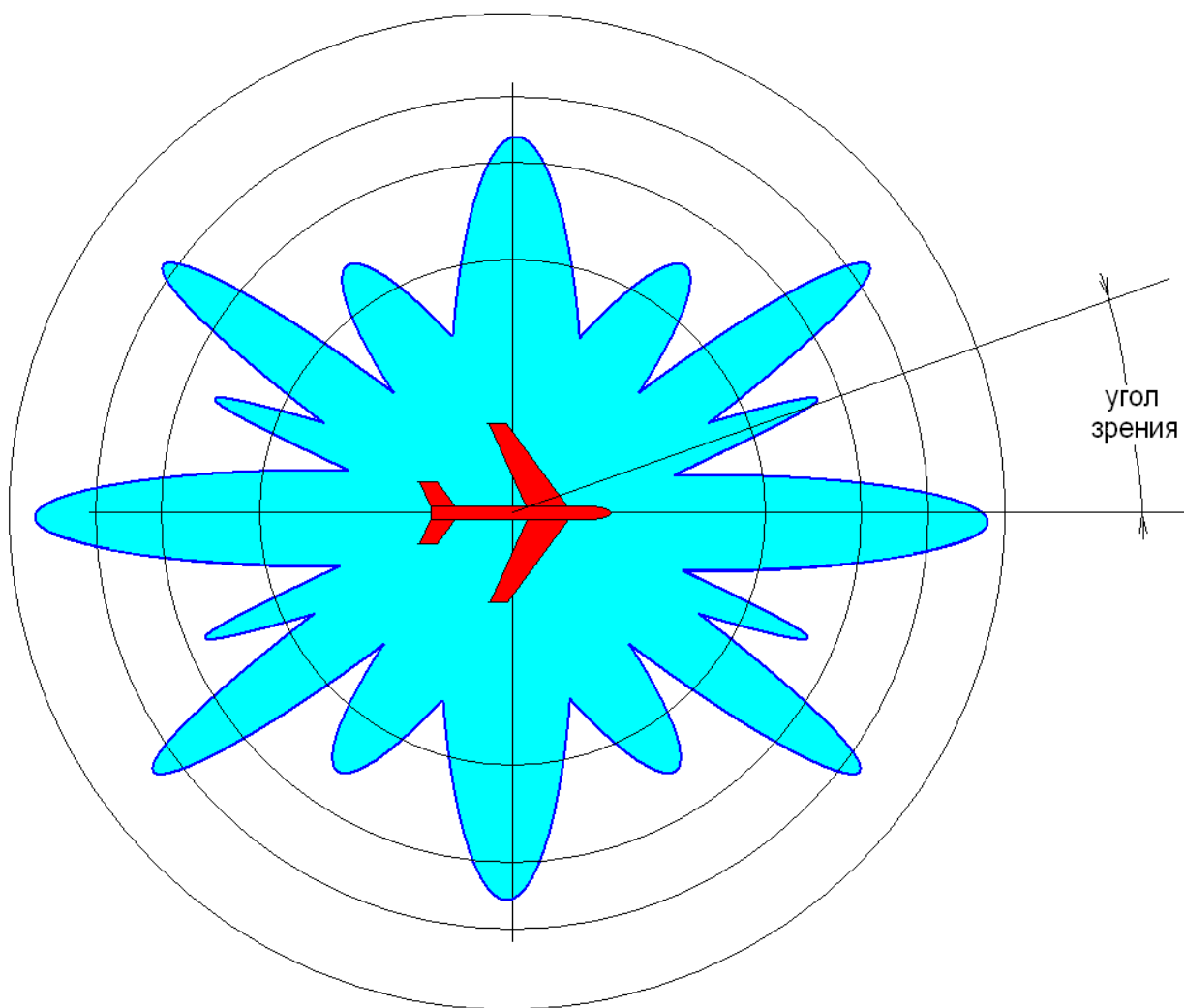


Рис. 15. Диаграмма обратного вторичного излучения цели.

ЭПР и ДОВИ взаимосвязанные понятия. Очевидно, что для неизменного набора РЛС - цель ЭПР будет зависеть от угла зрения в соответствии с характером ДОВИ. Кроме того, отражающие свойства обычной цели, не использующей технологию «СТЕЛС», определяются не абсолютными ее размерами L в метрах, а относительными L/λ , где λ длина волны. Поэтому для реальных целей $\sigma_{\text{ц}}$ задается диапазоном значений от минимума (провал ДОВИ) до максимума (пик ДОВИ), при этом указывается какому диапазону длин волн - сантиметровому, дециметровому или метровому соответствуют эти значения.

В настоящее время на вооружении стран НАТО состоит целый ряд СВКН созданных с использованием технологии «СТЕЛС». Они приняли

участие во многих вооруженных конфликтах, где были выявлены их сильные и слабые стороны. Рассмотрим этот класс целей подробнее.

Снижение отражающих свойств у «невидимок» достигается за счет комплексного использования в конструкции летательных аппаратов радиопоглощающих материалов для снижения ЭПР, применения специальной формы всех участков наружной поверхности цели для минимизации отражения радиосигналов в направлении РЛС и снижения заметности выхлопа реактивного двигателя.

Особенностью *радиопоглощающих покрытий* является то, что их толщина, как правило, должна быть больше чем половина длины волны поглощаемых колебаний. Радиопоглощающие композитные материалы постоянно совершенствуются, однако в настоящее время они имеют более низкие прочностные характеристики и меньший рабочий диапазон температур, чем металл корпуса, поэтому их используют лишь в тех элементах конструкции, которые характеризуются максимальными диффузными отражающими свойствами - так называемые «блестящие точки».

Под диффузным отражением понимается ситуация когда отраженный сигнал распространяется во всех направлениях, или в достаточно широком угловом интервале, в отличие от зеркального отражения, когда угол падения луча равен углу его отражения. (*В оптическом диапазоне примером зеркального отражателя служит полированная серебряная пластина, а диффузного отражателя - матовая.*) Важность диффузного отражения от РЛЦ обусловлена тем, что именно в результате него часть энергии падающей на цель электромагнитной волны (ЭМВ) отражается в направлении на РЛС.

Характерными «блестящими точками» самолетов являются: кромки крыльев и хвостового оперения, выступающие элементы конструкции (например, носовая часть фюзеляжа), воздухозаборники двигателей, вооружение на внешней подвеске и любые другие элементы, имеющие резкие углы или выступы. Наличие в конструкции летательного аппарата

нескольких «блестящих точек» приводит к изрезанной форме ДОВИ из-за интерференции волн, отраженных от разных «блестящих точек».

Выбор *специальной формы наружной поверхности* РЛЦ должен обеспечить уменьшение числа «блестящих точек» и создание оптимальных условий для зеркального отражения падающих на цель ЭМВ. Важность зеркального отражения для снижения ЭПР в том, что по законам линейной оптики угол падения ЭМВ равен углу ее отражения, следовательно, основная часть энергии падающей волны будет отражена не в направлении РЛС, а в пространство за целью (рис. 16). Для максимальной защиты от наземных РЛС, воздействующих на цели из нижней полусферы, РЛЦ, выполненные по технологии «СТЕЛС», не имеют внешних пилонов для подвески вооружения и дополнительных топливных баков (шасси и все ракетно-бомбовое вооружение размещается внутри фюзеляжа и прикрывается створками люков), а нижняя часть планера выполняется максимально плоской (рис. 3,6).



Рис. 16. Случай зеркального отражения ЭМВ от цели.

В *радиолокационном диапазоне заметность выхлопа реактивного двигателя* обусловлена возможностью отражения ЭМВ от границы раздела

двух сред - холодного окружающего воздуха и горячей струи отработанных газов. Для снижения заметности этого фактора за самолетом формируется шлейф ионизированного газа, обеспечивающий поглощение ЭМВ.

Весь описанный комплекс мер, по снижению ЭПР целей направлен на уменьшение заметности в сантиметровом диапазоне длин волн. Сантиметровый диапазон выбран неслучайно, поскольку именно в нем работает большинство станций наведения ракет.

Сильной стороной «невидимок» является их сравнительно малая заметность для систем наведения ракет, по сравнению с аналогичными СВЧН, построенными без применения этой технологии (таблица). Вместе с тем им присущ целый ряд недостатков, основными из которых являются:

несовершенство аэродинамической формы и как следствие низкие летные характеристики (без компьютерной поддержки удерживать такой самолет в воздухе пилоту практически невозможно);

снижение скоростных и маневренных возможностей целей;

невозможность размещения вооружения и дополнительных топливных баков на внешних подвесках крыльев и фюзеляжа;

более высокая заметность цели в других диапазонах длин волн (метровом и дециметровом);

необходимость соблюдать режим радиомолчания, т.к. работающий передатчик демаскирует «невидимку»;

очень высокая стоимость как изготовления, так и эксплуатации таких машин.

Количественно оценить результат применения технологии «СТЕЛС» позволят следующий пример: в сантиметровом диапазоне у военно-транспортного самолета С-141 $\sigma_{\text{ц}} = 30-70 \text{ м}^2$, а у стратегического бомбардировщика В-2, имеющего близкие геометрические размеры, но исполненного по технологии «СТЕЛС» $\sigma_{\text{ц}} = 0,1-1 \text{ м}^2$.

Итоговая классификация по размеру целей выглядит следующим образом (таблица):

к *большим* РЛЦ ($\sigma_{\text{ц}} > 15 \text{ м}^2$) относятся самолеты военно-транспортной авиации, самолеты заправщики, стратегические разведчики, некоторые типы стратегических бомбардировщиков, выполненные без применения технологии «СТЕЛС» (В-52);

к *средним* РЛЦ ($\sigma_{\text{ц}} = 1-15 \text{ м}^2$) относятся большинство самолетов тактической авиации (F-15, F-16, А-10) и некоторые типы стратегических бомбардировщиков (В-1);

к *малым* целям ($\sigma_{\text{ц}} < 1 \text{ м}^2$) относятся средства поражения (БРСД, стратегические крылатые ракеты, различные управляемые и неуправляемые ракеты и авиабомбы), современные и перспективные беспилотные летательные аппараты, а также РЛЦ выполненные по технологии «СТЕЛС».

Информация о радиолокационной заметности цели позволяет сформулировать требования к мощности передатчика, чувствительности приемника и коэффициенту усиления антенной системы РЛС, необходимым для обнаружения цели на заданной дальности. Связь между названными параметрами определяет уравнение дальности действия РЛС

$$D_{\text{max}} = 4 \sqrt[4]{\frac{P_{\text{изл}}}{P_{\text{пр. min}}} \sigma_{\text{ц}} \frac{\lambda^2 G_{\text{п max}} G_{\text{пр max}}}{(4\pi)^3}}, \quad (1)$$

где:

D_{max} - максимальная дальность обнаружения РЛС (м);

$P_{\text{изл}}$ - мощность, излучаемая передатчиком РЛС (Вт);

$P_{\text{пр. min}}$ - минимальная мощность на входе приемника РЛС, при которой возможно обнаружение цели (чувствительность приемника) (Вт);

$\sigma_{\text{ц}}$ - ЭПР цели (м^2);

λ - длина волны излучаемых колебаний (м);

$G_{\text{п max}}, G_{\text{пр max}}$ - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн РЛС.

Выражение (1) приведено для простейшего характерного случая, когда цель находится в максимуме передающей и приемной диаграмм направленности, а помехи отсутствуют.

По характеру отметки на экранах первичных индикаторов СВКН являются *сосредоточенными* целями. *Распределенный* характер отметки имеют, как правило, различные помеховые воздействия, например облака пассивных помех, или активная шумовая помеха.

В зависимости от типа индикатора отметка от цели может иметь различный вид:

- на индикаторе кругового обзора, отображающем воздушную обстановку в координатах «дальность-азимут» (Д- β) или «скорость-азимут» (V- β) отметка от цели имеет вид дуги (рис. 17);

- на растровом индикаторе, отображающем воздушную обстановку в координатах «дальность-скорость» (Д-V) или «дальность-угол» (Д- ϕ) отметка от цели имеет вид прямоугольника (рис. 18).



Рис. 17. Сосредоточенные и распределенные отметки на экране индикатора кругового обзора.

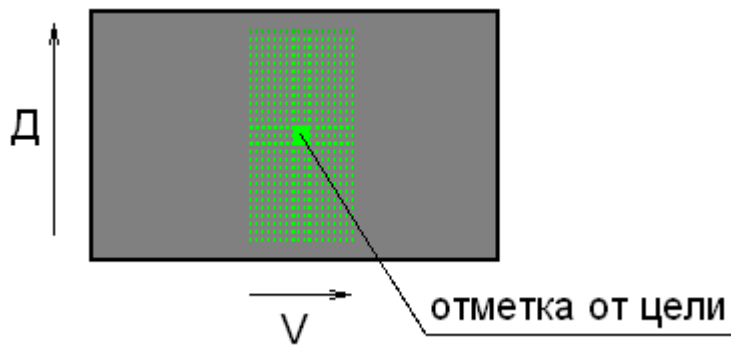


Рис. 18. Сосредоточенная отметка на экране растрового индикатора.

Классификация по скорости движения.

Возможности аэродинамических целей описывают максимальная скорость на большой высоте, максимальная скорость на минимальной высоте боевого применения и крейсерская скорость.

Максимальная скорость на большой высоте – это скорость равномерного прямолинейного горизонтального полета при работе двигателя с наибольшей тягой (форсаж) при полной нагрузке летательного аппарата. При этом резко возрастает расход топлива, поэтому такой режим полета используется кратковременно, только в необходимых случаях, например, после сброса атомной бомбы для скорейшего выхода из области ее воздействия.

Максимальная скорость на минимальной высоте боевого применения определяется исходя из прочности конструкции планера самолета, так как на малых высотах из-за высокой плотности атмосферы резко возрастает скоростной напор воздуха и нагрузка на все аэродинамические поверхности, также возрастает расход топлива. Этот режим полета применяется, как правило, *при прорыве системы ПВО*. Его могут применять стратегические бомбардировщики, тактические истребители, КР и БЛА.

Крейсерская скорость – это скорость горизонтального полета, при которой отношение потребной тяги к скорости полета минимально. Она составляет 0,7-0,8 от максимальной скорости без форсажа и, как правило, не превышает 1000 км/ч.

Следует обратить внимание на то, что СВКН, созданные по технологии «СТЕЛС», имеют меньшую скорость, так как их форма обеспечивает не минимальное аэродинамическое сопротивление, а минимальную ЭПР объекта (в таблице данные по таким объектам приведены в скобках).

При анализе СВКН, как целей для ЗРС, основное внимание следует обратить на скоростные режимы, которые СВКН используют, находясь в зоне действия системы ПВО.

В современных ЗРК в качестве станций наведения ракет используются доплеровские РЛС, способные измерять радиальную скорость целей, поэтому по скорости движения цели классифицируются, как правило, на основании не линейной, а радиальной скорости (рис. 19). *(Радиальная скорость объекта это проекция вектора его линейной скорости на линию локатор - цель.)*

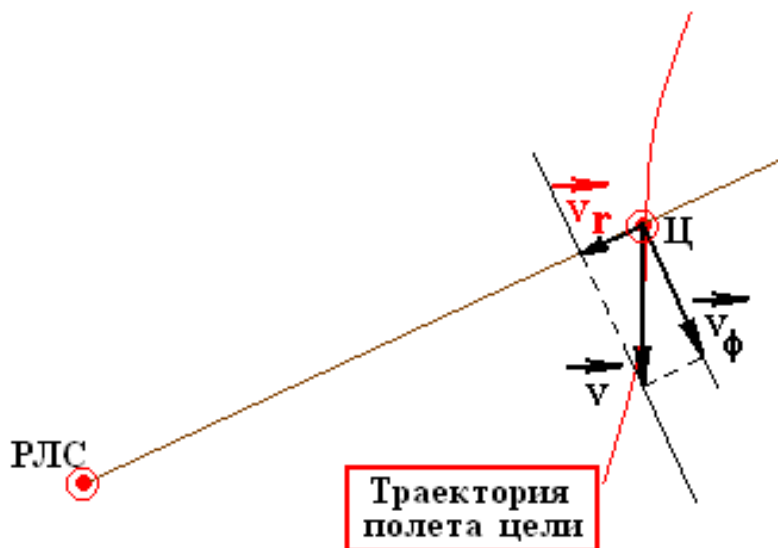


Рис.19. Понятие радиальной скорости цели

К высокоскоростным целям относятся (таблица) БРСД, высотные стратегические самолеты-разведчики (SR-71), истребители, действующие на больших и средних высотах, управляемые и неуправляемые ракеты. Такие объекты могут перемещаться со скоростями 2000-3600 км/ч (555-1000 м/с) и более.

К целям, характеризующимся *средними* значениями скоростей 700 - 2000 км/ч (200-550 м/с), относится большинство самолетов тактической и стратегической авиации. Более низкие скорости этих объектов объясняется тем, что они действуют в нижних плотных слоях атмосферы.

К *малоскоростным* относятся цели со скоростями менее 700 км/ч и объекты способные двигаться со скоростями близкими к нулю, например вертолеты или различные аэростатические РЛЦ.

Необходимо помнить, что результат измерения скорости в доплеровской РЛС зависит не только от значения линейной скорости цели, но и от взаимной ориентации вектора скорости цели и направления РЛС-цель. В случае если вектор скорости перпендикулярен линии РЛС-цель, локатор воспримет любую цель как малоскоростную.

Возможности аэродинамических СВКН **по высоте полета** характеризуется величиной практического, боевого и динамического потолка, а также минимальной высотой их боевого применения.

Практический потолок – это наибольшая высота полета, на которой сохраняется управляемость и обеспечивается набор высоты со скоростью 2,5 м/с. Величина практического потолка является максимальной высотой боевого применения самолета и составляет для стратегических бомбардировщиков примерно 15 км, для самолетов тактической авиации – 18-20, а для самолетов разведчиков 25 км и более.

Боевой потолок – это высота полета самолета, на которой он способен выполнять горизонтальный маневр без потери высоты и скорости. На этой высоте самолет способен вести воздушный бой. Боевой потолок ниже практического на 5-15%.

Динамический потолок – это высота полета, в момент выхода на которую самолет имеет минимальную скорость, необходимую для сохранения управляемости. Даже кратковременный горизонтальный полет на динамическом потолке невозможен.

Минимальная высота боевого применения самолета зависит не только от имеющегося на его борту пилотажного оборудования, но и от качества подготовки экипажа и рельефа местности. Над водной и равнинной поверхностью она может составлять от 15 м для тактических истребителей до 70 м для тяжелых бомбардировщиков; над сильно пересеченной местностью – 150 и 300 м для истребителей и бомбардировщиков соответственно.

Диапазон высот полета целей позволяет сформулировать требования к угловым размерам сектора пространства в котором ведется обнаружение целей, требования к ЗУР по максимальным и минимальным высотам поражаемых объектов. Кроме того, минимальная высота полета цели определяет дальность прямой видимости, за пределами которой цель скрыта от РЛС линией горизонта. Дальность прямой видимости $D_{пв}$ в километрах для заданных в метрах высоты расположения антенной системы РЛС $H_{РЛС}$ и высоты полета цели $h_{ц}$ определяется по эмпирической формуле

$$D_{пв} \approx 4,12(\sqrt{h_{ц}} + \sqrt{H_{РЛС}}). \quad (2)$$

Несложно убедиться, что дальность обнаружения самолета на высоте 50 м в 7 раз меньше, чем на высоте 5000 м., поэтому минимальные высоты полета используются СВКН для прорыва системы ПВО. В свою очередь РЛС, предназначенные для работы по маловысотным целям, целесообразно размещать на максимально высоких участках местности, также могут применяться специальные вышки, для увеличения дальности обнаружения.

При обнаружении целей радиолокационными средствами априорной информации о типе цели и ее возможностях нет, поэтому **по высоте** все обнаруженные цели принято делить на высотные ($h_{ц} > 5000$ м), средневысотные ($h_{ц} = 1000 - 5000$ м) и маловысотные ($h_{ц} < 1000$ м).

В зависимости от **количества отметок** наблюдаемых на индикаторах рассматривают цели *одиночные* и *групповые*.

Поскольку любое СВКН в современных РЛС может быть отображено в виде одиночной сосредоточенной отметки (то есть укладывается в размер

одного разрешаемого объема РЛС), наличие нескольких отметок (*группа*) говорит о наличии нескольких целей в просматриваемой области пространства.

Одинокaя отметка может принадлежать либо одной цели, либо нескольким расположенным близко друг к другу, если все они находятся в пределах одного разрешаемого объема РЛС. Подробнее условия, при которых на индикаторе наблюдается одна отметка от нескольких целей, мы рассмотрим при изучении разрешающей способности РЛС.

Дополнительно СВКН, как цели для ЗРС, характеризуются такими важными параметрами как: маневренные возможности, возможности по постановке помех и способность нести ППР.

Под **маневренностью целей** понимается их способность менять скорость, высоту и направление полета с целью выхода из зоны действия ЗРС или уклонения от встречи с ЗУР. Количественно маневренные возможности можно оценить по уровню располагаемых перегрузок. Уровнем располагаемых перегрузок n называют отношение максимального ускорения, действующего на самолет при маневре, к ускорению свободного падения g . Эта величина показывает, какую перегрузку при маневре способна выдержать несущая конструкция летательного аппарата. Маневренные возможности зависят от массогабаритных характеристик ЛА, скорости и высоты его полета, мощности и типа двигательной системы, его аэродинамических характеристик и прочности планера.

Максимальными маневренными возможностями обладают тактические истребители, предназначенные для ведения воздушного боя и средства поражения, являющиеся беспилотными объектами, минимальными - объекты, обладающие большой массой и габаритами: стратегические бомбардировщики, военно-транспортные самолеты и т.д. (таблица).

При оценке маневренных возможностей истребителей необходимо учитывать, что основное ограничение накладывают возможности пилота. Так неподготовленный человек утрачивает способность быстро и осмысленно

действовать при уровне перегрузок 4-5 единиц. Пилоту истребителя необходимо выдерживать вдвое большие перегрузки и вести при этом воздушный бой.

Оценка маневренности цели позволяет сформулировать требования к системам РЛС, которые после обнаружения цели обеспечивают автоматическое поддержание радиолокационного контакта с ней и измерение текущих значений ее координат (такие системы принято называть следящими), а также требования к ЗУР и системе ее наведения.

Возможности СВКН по постановке активных и пассивных помех определяются составом их бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Самолеты стратегической и тактической авиации оборудуются средствами радиоэлектронной разведки, средствами постановки активных помех и автоматами выброски пассивных помех для РЛС различных диапазонов длин волн. Максимальными возможностями по постановке помех обладают специализированные самолеты радиоэлектронной борьбы.

Для количественной оценки уровня создаваемых активных помех, как правило, используется их спектральная плотность мощности, которая может достигать величины сотен ватт на мегагерц (Вт/МГц). *(Под спектральной плотностью мощности понимается отношение мощности излучаемой передатчиком к ширине полосы частот на которых ставится помеха. Например, при мощности передатчика в 1 кВт и ширине полосы частот в 10 МГц спектральная плотность мощности помехи составит 100 Вт/МГц.)*

Для оценки уровня организованных пассивных помех используется количество пачек дипольных отражателей, выброшенных на 100 метров пути (пач./100 м). Эта характеристика достаточно объективна, так как количество элементарных отражателей (диполей) в пачке для различных автоматов выброса помех примерно одинаково. Возможности СВКН по постановке пассивных помех могут достигать величины 5-7 пач./100 м, а при использовании самолетов радиоэлектронной борьбы и более десяти.

Возможности целей по постановке помех определяют требования к системам помехозащиты радиолокационных средств ЗРС.

Возможности целей нести ППР. ППР вооружаются СВКН, предназначенные для прорыва наземной системы ПВО. К ним относятся самолеты тактической авиации и радиоэлектронной борьбы. Для борьбы с ППР радиолокационные средства ЗРС должны работать в максимально скрытном режиме, то есть в режиме, затрудняющем противнику разведку координат и параметров РЛС. Кроме того, сами противорадиолокационные ракеты обладают заметной ЭПР и могут являться целями для ЗРС. Следовательно, в ЗРС для самозащиты должен быть предусмотрен специальный режим работы, обеспечивающий уничтожение ППР.

Выводы:

Среди всего многообразия радиолокационных целей выделены те классы, для борьбы с которыми создавалась ЗРС. При рассмотрении характеристик целей выделены **основные характеристики**, оказывающие непосредственное влияние на выбор принципов работы элементов ЗРС и способ их технической реализации.

1) Информация о *радиолокационной заметности* цели - позволяет сформулировать требования к мощности передатчика, чувствительности приемника и коэффициенту усиления антенной системы РЛС, необходимым для обнаружения цели на заданной дальности.

2) Оценка *маневренности* цели позволяет сформулировать требования к следящим системам РЛС, а также требования к ЗУР и системе ее наведения.

3) Знание *возможностей целей по постановке помех* РЛС позволяет задавать технические характеристики систем помехозащиты.

4) *Возможности цели применить ППР* вызывает необходимость задания режимов работы ЗРС при которых пуск ППР фиксируется операторами, а пущенная ракета может быть обнаружена и уничтожена.

5) *Диапазон высот полета* цели позволяет сформулировать требования к угловым размерам сектора пространства в котором ведется обнаружение целей и требования к ЗУР по максимальным и минимальным высотам поражаемых объектов.

ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Повторить материал занятия. Знать основные характеристики РЛЦ и их связь с техническими характеристиками ЗРС.

Таблица

Основные характеристики РЛЦ

Класс СВКН	Стратегический				Тактический		ПРР	Военно-транспортный самолет	Вертолет
Тип ЛА	Бомбар-дировщик	Разведчик	БРСД	КР	Истребитель	Штурмовик			
ЭПР в сантиметровом диапазоне длин волн, м ²	1-30 (0,1-1)	4-25	0,1-0,3	0,2-0,5 (0,02-0,1)	1-12 (0,1-0,3)	9-12	0,05-0,6	30-70	2-7
Скорость полета км/ч на больших высотах на малых высотах	1050-1330 (850)	740-3300	>3600		1600-2400 (1000-2100)	1000-1900	1700-3400	900-1000	0-450
	720-960			2700-3200	1050-1400	1040-1300			0-220
Высота полета км.	15	15-24	-	0,05-0,3	0,05-18 (0,05-20)	0,05-15	0,05-16	0,5-15	0,01-4
Располагаемые перегрузки n	2	2	-	3-5	7-9 (4,5-9,5)	6-7,5	>5	1-2	2-3
Аппаратура постановки помех	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Способность нести ПРР	+	+	-	-	+	+		-	+

Примечание:

В скобках приведены данные по ЛА, выполненным по технологии «СТЭЛС».

