



Военно-инженерный институт
Учебный военный центр
Отдел «Радиолокационного вооружения РТВ ВВС»

Дисциплина «ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ»

Часть 1. Теоретические основы
радиолокации

ЛЕКЦИЯ № 2

**ОСНОВЫ ПОНЯТИЯ, ПРИНЦИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ
радиолокации**

Использованная литература

- **1. Радиолокационные системы:** учебник / В.П.Бердышев, Е.Н.Гарин, А.Н.Фомин и др. Красноярск: СФУ.- 400с.
- **2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы.** Учебник для вузов. – М.; Радиотехника. 2004, 320с.
- **3. Радиоэлектронные системы:** Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под. ред. Я.Д. Ширмана.- М.: Радиотехника, 2007.- 512с.

- **Цель лекции** - раскрыть содержание принципов и физических основ радиолокации, ТТХ РЛС и способов обзора пространства, определяющих возможность и качество решения задач радиолокации.

Вопросы лекции

- **1. Основные понятия, принципы и физические основы радиолокации. Виды радиолокации.**
- **2. Тактико-технические характеристики РЛС.**
- **3. Способы обзора пространства.**

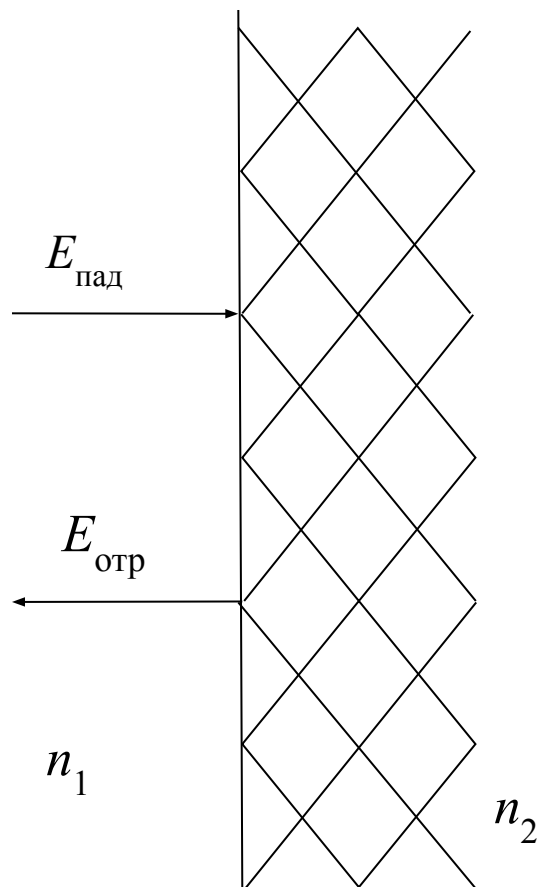
Вопрос 1

Основные понятия, принципы и физические основы радиолокации. Виды радиолокации.

5

Основные принципы получения радиолокационной информации могут быть сформулированы в виде следующих положений.

- **1. При обнаружении наличие цели устанавливается по факту приёма станцией сигнала от цели. Способ получения такого сигнала определяет вид локации.**
- **2. При измерении координат и параметров движения целей используются закономерности распространения радиоволн в пространстве, основными из которых являются:**
 - **постоянство скорости распространения радиоволн ($c=3 \cdot 10^8$ м/с);**
 - **прямолинейность распространения радиоволн;**
 - **направленность излучения и приёма радиоволн, в основе которой лежит явление интерференции радиоволн;**
 - **эффект Доплера.**
- **3. Выделение слабых сигналов, приходящих от цели, и разрешение целей обеспечивается за счет различий сигналов и помех, а также сигналов от разных целей между собой.**
- **4. Информация о целях получается параллельно или последовательно во времени и выдается в виде информационных потоков.**
- **Рассмотрим перечисленные положения более подробно.**
- **К видам излучения относятся: вторичное излучение, переизлучение и собственное излучение радиоволн. В первом и втором случаях радиолокатор излучает в направлении на цель мощный зондирующий сигнал; в последнем случае облучения цели не требуется.**
- **Радиолокация с использованием вторичного излучения и переизлучения (ретрансляции) называется активной, а радиолокация с использованием собственного излучения пассивной.**
- **Активную радиолокацию с переизлучением называют радиолокацией с активным ответом (рис.1,б) При использовании вторичного излучения можно по аналогии говорить о радиолокации с пассивным ответом (рис.1,а).**



Отражение от плоской
поверхности

n_1 и n_2 - коэффициенты преломления

$$n = \sqrt{\epsilon\mu}$$

$$\xi = \left| \frac{E_{\text{отр}}}{E_{\text{пад}}} \right|^2 = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)^2}{\left(\frac{n_2}{n_1} + 1 \right)^2} \quad \text{коэффициент отражения}$$

При одинаковых коэффициентах преломления сред $n_1 = n_2$ коэффициент отражения $\xi = 0$, т. е. ЭМВ не отражается от границы двух сред. При $n_1 \gg n_2$ происходит почти полное отражение волны $\xi \approx 1$.

- Радиолокация с использованием вторичного излучения и переизлучения (ретрансляции) называется активной, а радиолокация с использованием собственного излучения пассивной.
- Активную радиолокацию с переизлучением называют радиолокацией с активным ответом (рис. 1,б) При использовании вторичного излучения можно по аналогии говорить о радиолокации с пассивным ответом (рис. 1,а).



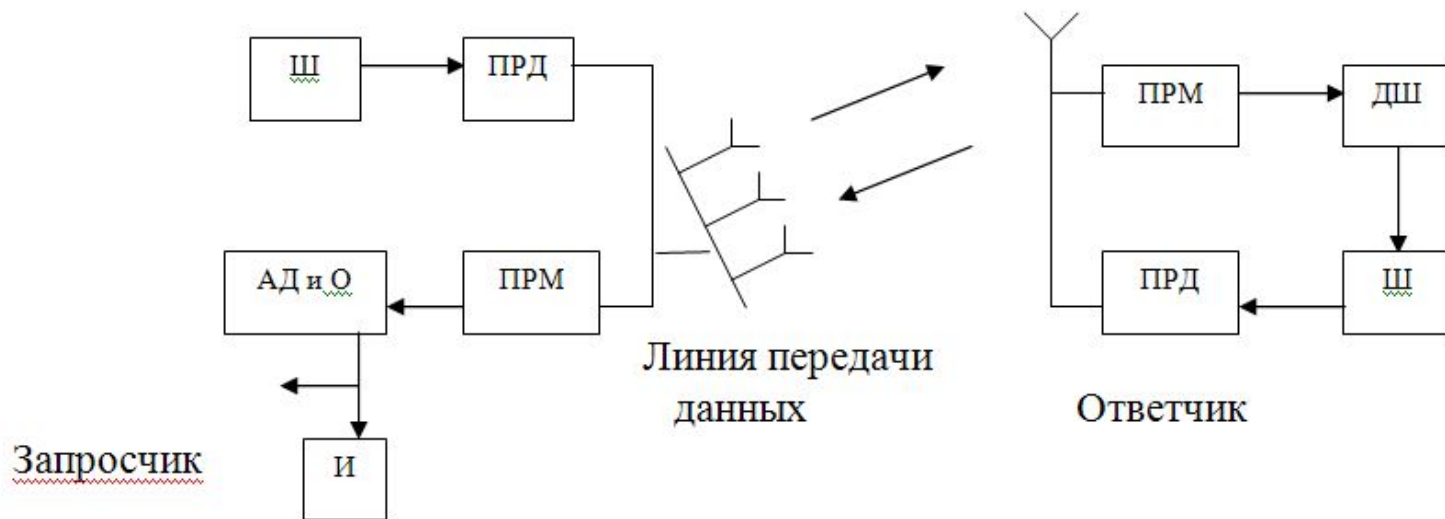
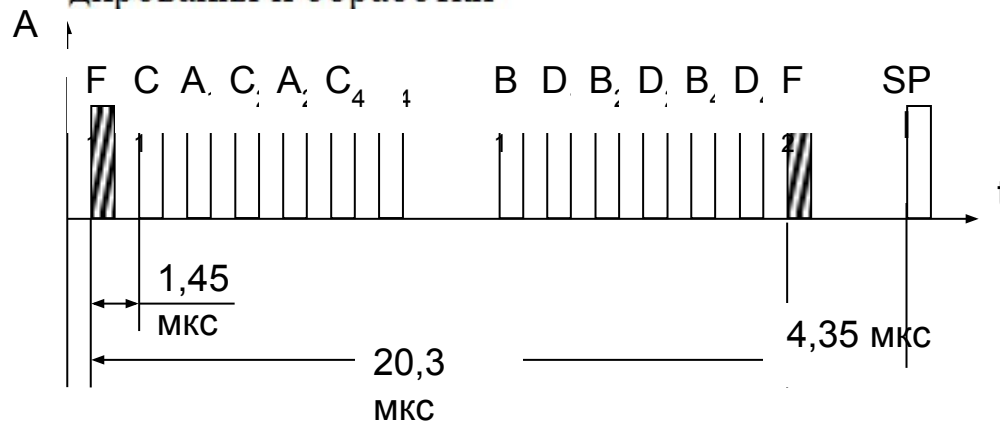
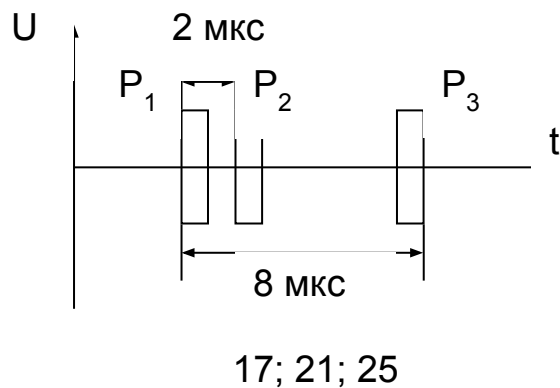


Рис. 3.1. Состав системы ВРЛ:

И – индикатор; ДШ – дешифратор; Ш – шифратор; АД и О – аппаратура декодирования и обработки



8

Явление вторичного излучения позволяет обнаружить цели, не являющиеся источниками собственных радиоизлучений или переизлучений. Принимаемый сигнал при этом называют отраженным.

Активный ответ находит широкое применение при радиолокации и опознавании своих объектов: самолетов, ракет, противоракет и искусственных спутников Земли. На объекте в данном случае устанавливается приёмо-передатчик (ответчик), обеспечивающий достаточно большую интенсивность переизлученного сигнала.

Системы активной радиолокации могут быть совмещенными и разнесенными. В совмещенном радиолокаторе передающее и приемное устройства располагаются совместно (рис.1), возможно поочередное использование одной и той же антенны для передачи и приема.

В разнесенной системе передающее и приемное устройства располагают на удалении d друг от друга (рис.2). Для наземной разнесенной системы (рис.2,а) характерно постоянство расстояния d между приемными и передающими пунктами. При расположении передающего пункта на Земле, а приемного на самонаводящейся ракете (рис.2,б) расстояние d является переменным.

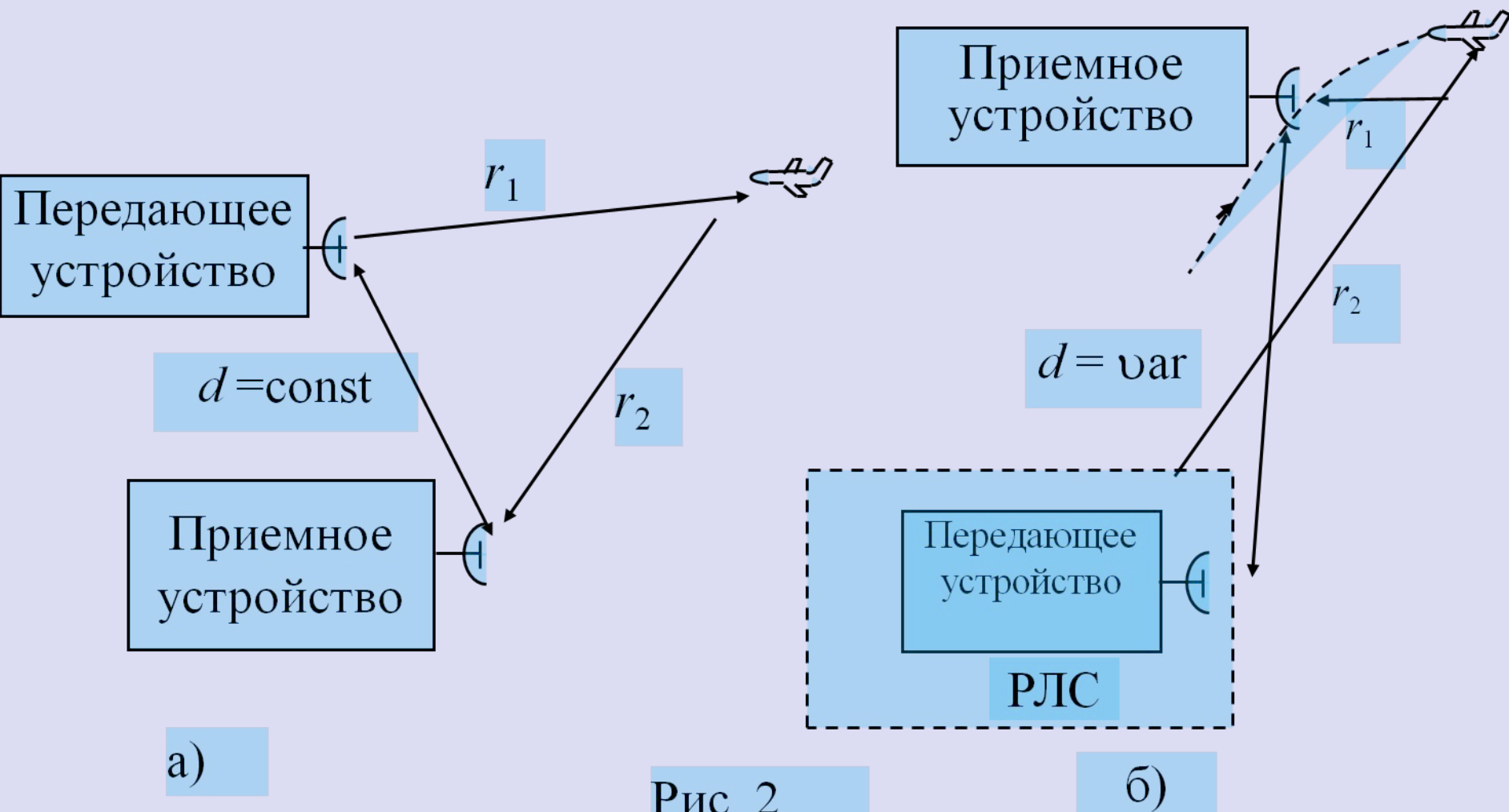


Рис. 2.

б)

В случае пассивной радиолокации (рис.3) цель электромагнитными колебаниями не облучается. Электромагнитные колебания создаются элементами цели: её нагретыми частями (тепловое излучение в диапазоне инфракрасных или миллиметровых волн), радиотехническими устройствами связи, навигации, локации, радиопротиводействия (обычное радиоизлучение), а также колеблющимися частицами ионизированных участков атмосферы в окрестности цели (радиоизлучение при запуске ракеты или ядерном взрыве, распространяющееся в сверхдлинноволновом диапазоне на очень большие расстояния вокруг Земли). Прием может осуществляться одним или несколькими разнесенными приемными устройствами.

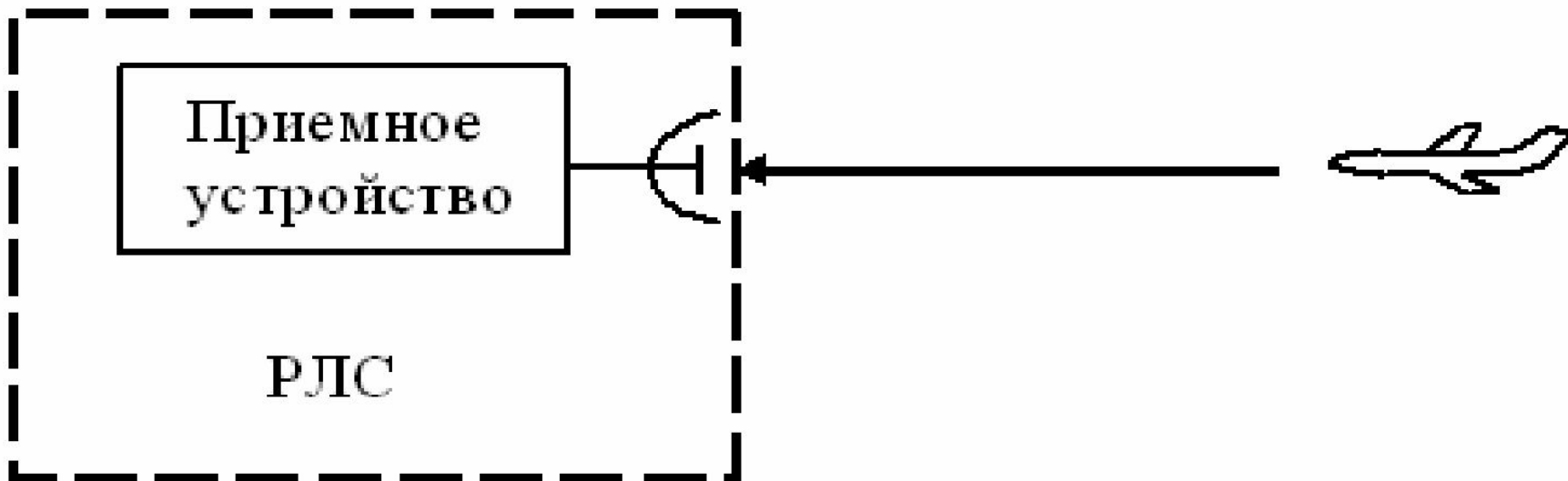


Рис. 3.

При определении координат цели в любой радиолокационной системе используются определенные закономерности распространения радиоволн. В случае распространения радиоволн в свободном пространстве, которое является однородным, изотропным и недиспергирующим, для всех точек этого пространства скорость распространения радиоволн одинакова, не зависит от поляризации волны и частоты колебания ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с). При этом зондирующий и отраженный сигналы распространяются по прямолинейной траектории и без искажения своей формы. Время запаздывания отраженного сигнала относительно зондирующего (рис.4) для разнесенной системы определяется соотношением

$$t_3 = \frac{r_1 + r_2}{c}$$

r_1 и r_2 - расстояния от цели до передающего и приемного пунктов соответственно (рис.2) и для совмещенной системы радиолокации (рис.3,а) соотношением

$$t_3 = \frac{2r}{c} \cdot$$

$$r = \frac{ct_3}{2}$$

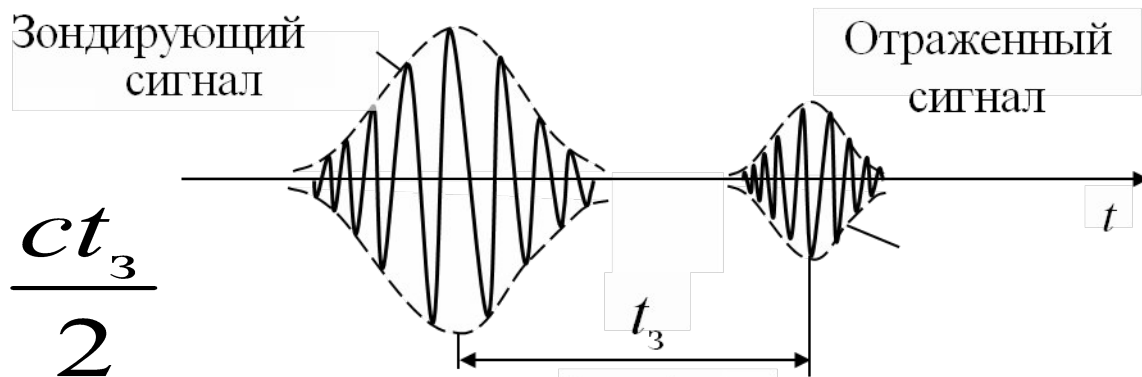


Рис. 4.

2

$$r[\text{м}] = 150 t_3[\text{мкс}], \quad r[\text{км}] = 150 t_3[\text{мс}].$$

- Концентрация излучаемой энергии в каком-то одном направлении и направленный приём обеспечивают существенное увеличение дальности радиолокации. Появляется возможность измерять угловые координаты цели - азимут и угол места, например, по максимуму отраженного сигнала (рис. 5,а), а также разрешать цели по угловым координатам (рис. 5,б). Ширина диаграммы (характеристики) направленности антенны радиолокатора определяется соотношением её геометрических размеров к длине волны. Поэтому высокие направленные свойства обеспечиваются за счет увеличения размеров антенны и использования дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазона волн.

$$A_{\text{эфф.}} = (0,6 \dots 0,8) S_{\Gamma}$$

$$G_{\text{макс}} = \frac{A_{\text{эфф.}}}{\lambda^2}$$

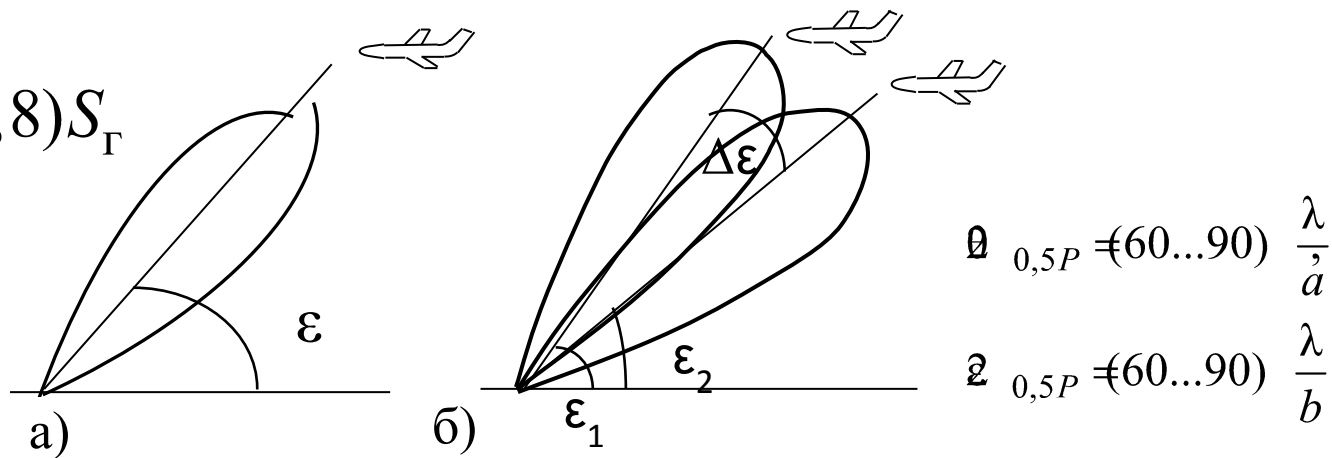


Рис. 5.

3 Радиолокации используется также такое физическое свойство радиоволн, как изменение частоты принимаемых электромагнитных колебаний, обусловленное движением цели (эффект Доплера). Эффект Доплера проявляется в изменении частоты отраженного от движущейся цели сигнала f_c относительно частоты f_0 излучаемого сигнала РЛС на величину добавки F_d ,

- $f_c = f_0 + F_d$ или $f_c = f_0 - F_d$. Измеряя величину F_d , можно определить радиальную скорость

$$V_r = \frac{\lambda}{2} F_d .$$

- Таким образом, рассмотренные закономерности распространения радиоволн позволяют определить координаты цели ($r_{ц}$, $\beta_{ц}$, $\varepsilon_{ц}$) и её радиальную скорость.

Даже при остронаправленном облучении цели от её поверхности отражается незначительная часть излучаемой энергии. Ещё в большей степени рассеяние энергии проявляется на пути от цели до приемной антенны в силу слабой направленности вторичного излучения. Приходящие сигналы, особенно на больших дальностях, оказываются слабыми и нужно принять ряд мер, чтобы выделить их на фоне помех (собственных шумов приемника, шумов космического происхождения, помех от других радиоустройств и т. п.).

4 Большинство современных радиолокаторов вырабатывает поток информации о целях в участке пространства, содержащем весьма большое число разрешаемых объемов. При этом могут использоваться принципы последовательного, параллельного и параллельно-последовательного составления потоков информации. Эти принципы закладываются в основу построения отдельного радиолокатора и системы радиолокаторов.

Рис. 6 поясняет принцип последовательного обнаружения целей радиолокатором с лучом игольчатого вида. Закон перемещения луча может быть различным, например, по спирали.

Рис. 7 поясняет принцип параллельного получения нескольких потоков информации. Создается пучок игольчатых лучей, каждому из которых соответствует свой приемник.

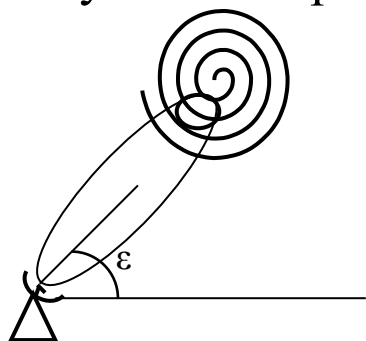


Рис. 6.

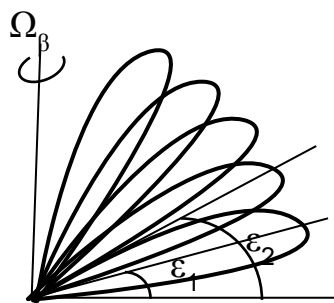


Рис. 7.



Рис. 8.

Если по одной из угловых координат (углу места) поток информации получается параллельно, а по другой (азимуту) - последовательно, например, за счет вращения многоканальной антенной системы, имеет место параллельно-последовательное составление потока информации (рис.7).

1
5
Последовательные, параллельные и параллельно-последовательные потоки информации могут быть образованы также с помощью двух и более отдельных радиолокаторов. Например, радиолокаторы (дальномеры) с диаграммой, изображенной на рис.8 сплошной линией, образуют последовательный поток информации об азимуте целей. Специальные радиолокаторы (высотомеры) с узкой диаграммой направленности в вертикальной плоскости (пунктир на рис.8) производят последовательный обзор по углу места и определяют высоту целей на тех азимутах, где они обнаружены дальномером. Для повышения качества радиолокационной информации РЛС организуются в соответствующую систему (рис.9).

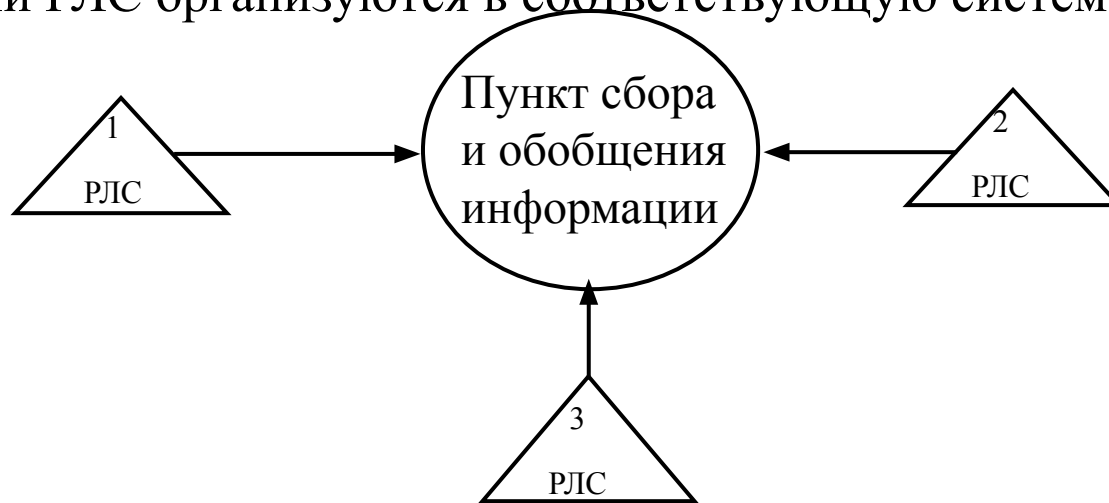


Рис. 9.

Для характеристики обработки РЛИ вводят понятие 3-х этапов обработки.

- **Этап первичной обработки** включает операции обнаружения и измерения (оценки) параметров сигналов. Первичная обработка проводится непосредственно на РЛС или на одной из позиций многопозиционной РЛС. Совокупность оценок параметров сигналов образуют РЛ отметку от цели.
- **Вторичная обработка** производится по совокупности радиолокационных отметок и обеспечивает формирование траекторной информации.
- **Третичная обработка** состоит в объединении и отождествлении информации отдельных РЛС, входящих в радиолокационную систему, или информации отдельных радиолокационных систем.
- В соответствии с выполняемыми функциями **различают радиолокаторы обнаружения целей, точного измерения координат и параметров движения целей, распознавания** и т.д. Если радиолокаторы обнаружения обычно являются многоцелевыми, то радиолокаторы точного измерения координат и параметров могут быть также **одноцелевыми** или рассчитанными на малое число целей. Радиолокаторы, обеспечивающие выполнение ряда функций (обнаружения, распознавания, точного измерения координат и параметров движения целей), называют **многофункциональными радиолокаторами**.
- По мере развития радиолокационной техники расширяется многообразие известных типов радиолокационных устройств. Современные радиолокаторы дальнего обнаружения космических объектов могут представлять собой гигантское сооружение с размерами антенн порядка десятков и сотен метров, со значениями средней мощности излучаемых колебаний порядка сотен и даже тысяч киловатт. Наряду с этим широко используется значительно меньшие по размеру подвижные наземные радиолокаторы обнаружения аэродинамических объектов, радиолокаторы наведения и т.д. Широкое применение находят бортовые радиолокационные устройства обнаружения и наведения, обзора и картографирования земной поверхности, определения путевой скорости и измерения угла сноса.



Вопрос 2

Тактико-технические характеристики РЛС

- Тактическими называются характеристики РЛС, определяющие возможности ее боевого использования. К числу основных тактических характеристик относятся:
- зона видимости (зона действия) РЛС;
- определяемые координаты и параметры движения целей;
- точность измерения координат и скорости целей;
- период обзора (время обзора);
- разрешающая способность;
- помехозащищенность;
- надежность.
- Зоной видимости называется область пространства, в пределах которой РЛС выполняет функции, определяемые ее назначением. Границы зоны видимости РЛС в сферической системе координат определяются минимальной (r_{\min}) и максимальной (r_{\max}) дальностями действия и секторами обзора в азимутальной ($\beta_{\text{обз}}$) и угломестной ($\epsilon_{\text{обз}}$) плоскостях (рис. 10).

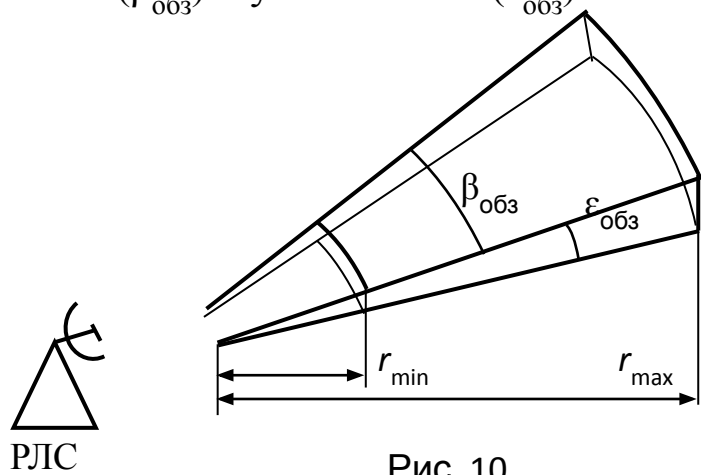


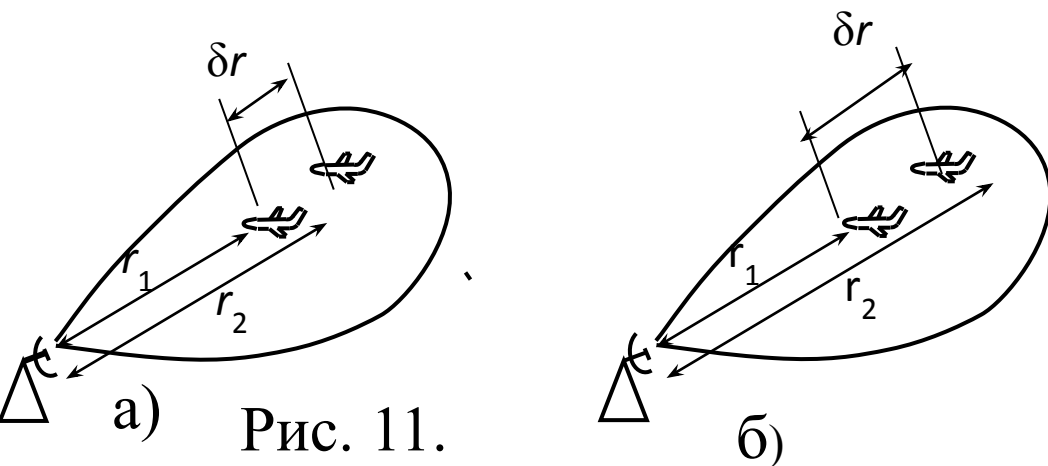
Рис. 10.

Зона видимости РЛС разделяется на зону обнаружения (обзора) и зону сопровождения целей. В зоне обнаружения РЛС производит обнаружение находящихся в них целей с заданными показателями качества.

В зоне сопровождения РЛС осуществляет с заданной точностью измерение координат и параметров движения целей.

9 периодом обзора называют время, необходимое для однократного просмотра данной области (зоны обзора).

- Разрешающая способность - это способность РЛС выполнять раздельное радиолокационное наблюдение целей. Количественно разрешающая способность по координате определяется минимальной разностью значений этой координаты у двух целей, при которой цели наблюдаются радиолокатором раздельно. При этом остальные координаты и параметры движения целей считаются одинаковыми. Обычно рассматривают разрешающие способности по дальности, по азимуту, по углу места, по радиальной скорости.
- Разрешающая способность РЛС по дальности δr - это минимальное расстояние между двумя целями, имеющими одинаковые угловые координаты и скорости, при котором они наблюдаются раздельно. Если расстояние между целями станет меньше δr , то РЛС будет воспринимать их как одну цель (рис.11 а, б).



При условии $\delta r \leq r_1 - r_2$ обе цели наблюдаются раздельно (рис.11,а), а если $\delta r \geq r_1 - r_2$, то наблюдается одна цель (рис.11,б).

2
0

Разрешающей способностью по угловой координате (азимуту, углу места) называют минимальный угол между направлениями на две цели, находящиеся на одинаковой дальности, при котором еще возможно раздельное наблюдение целей по соответствующей координате.

Разрешающая способность РЛС по угловой координате обычно принимается равной ширине диаграммы направленности антенны по уровню половинной мощности в плоскости отсчета угловой координаты, то есть

$$\delta_{\beta} = \Delta\beta_{0,5\rho}, \delta_{\varepsilon} = \Delta\varepsilon_{0,5\rho}$$

где $\Delta\beta_{0,5\rho}$ и $\Delta\varepsilon_{0,5\rho}$ - ширина диаграммы направленности антенны по половинной мощности соответственно по азимуту и углу места.

Разрешающие способности по дальности и угловым координатам ограничивают область пространства, в пределах которой цели не разрешаются. Объем этой области является мерой пространственной разрешающей способности РЛС и носит название **разрешающего объема**:

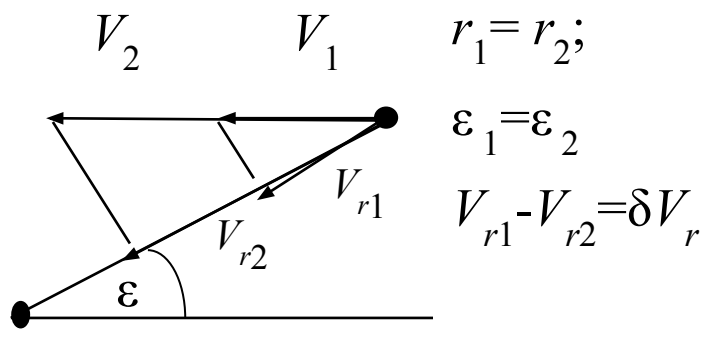
$$\delta v = \delta r \cdot \delta l_{\beta} \cdot \delta l_{\varepsilon} \text{ где } \delta l_{\beta} = r \cdot \delta_{\beta} \quad \delta l_{\varepsilon} = r \cdot \delta_{\varepsilon}$$

$$m = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{\delta r} \cdot \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\delta V} \cdot \frac{\beta_{\max} - \beta_{\min}}{\delta \beta} \cdot \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{\delta \varepsilon}.$$



- **Разрешающей способностью по скорости** называют минимальную разность радиальных скоростей двух целей, при которой возможно еще их раздельное наблюдение. Разрешающая способность по скорости определяется частотой Доплера и длиной волны.

$$\delta V_r = \frac{\lambda \delta F_{\text{д}}}{2} \qquad \delta F_{\text{д}} = \frac{2\delta V_r}{\lambda}$$



ВЫВОД

- Для решения задач радиолокации, основными из которых являются задачи обнаружения, измерения координат, разрешения и распознавания, создаются как отдельные РЛС, так и их системы, реализующие методы активной и пассивной радиолокации. Этапы обработки РЛИ в них традиционно делят на этапы первичной, вторичной и третичной обработки.

В современных РЛС используются антенны направленного действия, что способствует увеличению дальности обнаружения и повышению точности измерения угловых координат. Применение остронаправленных антенн приводит к необходимости обзора пространства, поскольку заранее не известно, откуда появится цель.

- Различают одновременный, последовательный и смешанный обзор.
- При одновременном обзоре число каналов обработки РЛИ РЛС, перекрывающих зону обзора, равно числу элементов разрешения, что требует большого объема аппаратуры. Последовательный обзор производится с помощью одного канала, что упрощает конструкцию радиолокатора. При смешанном обзоре РЛС имеет несколько каналов, причем обычно обзор по одной координате производится одновременно, а по другой - последовательно.
- Последовательный обзор может вестись:
 1. По жесткой программе, когда диаграмма направленности антенны РЛС перемещается независимо от результатов локации.
 2. По гибкой программе, когда обзор программируется в зависимости от этих результатов.
- Антенны РЛС с последовательным обзором могут иметь диаграммы двух основных видов: игольчатые и веерообразные. В зависимости от характера перемещений этих диаграмм в пространстве различают круговой, секторный, спиральный и кадровый обзор.
- Круговой обзор осуществляется путем вращения антенны радиолокатора относительно вертикальной оси (рис.12а). Диаграмме направленности в вертикальной плоскости придают такой вид, чтобы обеспечивалась изовысотная зона обзора. Интенсивность принимаемых сигналов от одинаковых целей, находящихся на одной высоте в этом случае одинакова в пределах дальности действия РЛС. Для этого добиваются более интенсивного излучения и приема на малых углах места, чем на больших. Дальность действия радиолокатора в этом случае будет выражаться косекансным законом в зависимости от угла места (рис.12б)

$$r = \frac{H}{\sin \varepsilon} = H \operatorname{cosec} \varepsilon$$

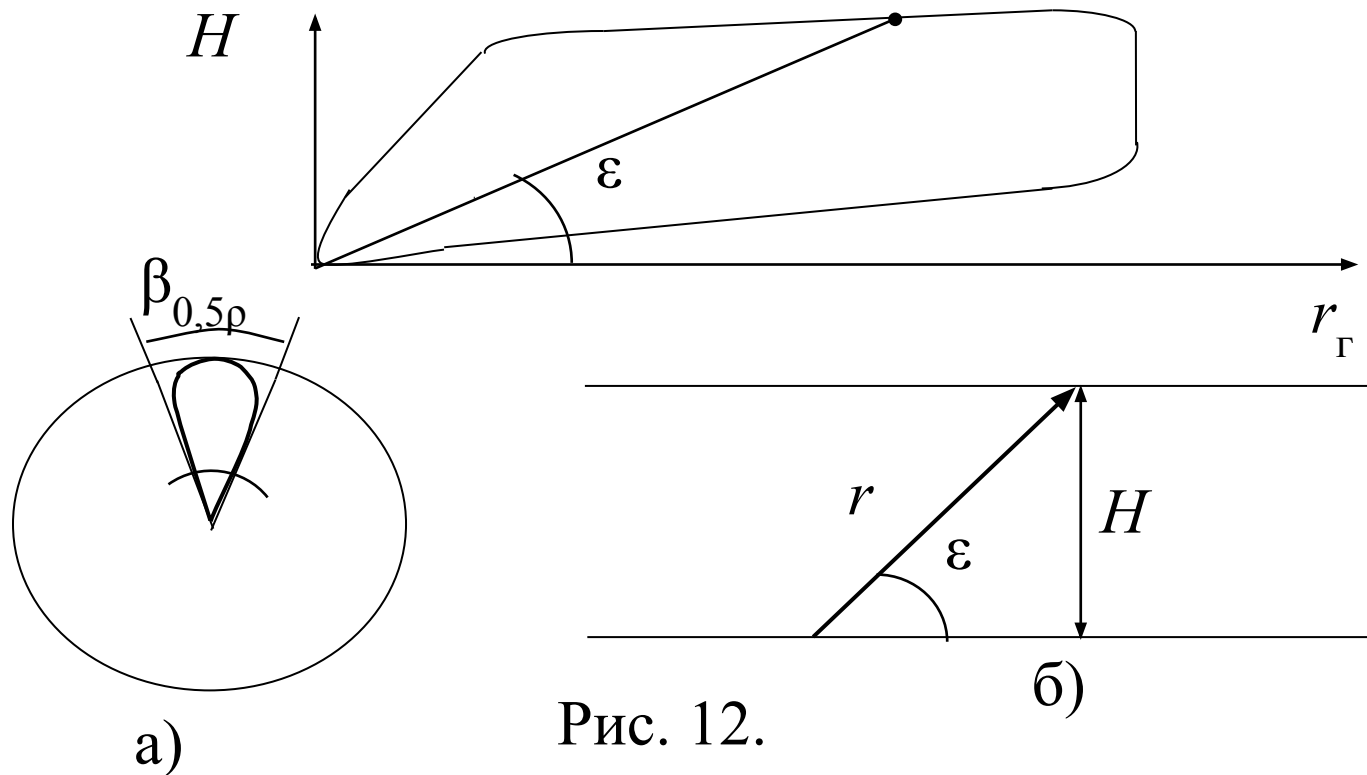


Рис. 12.

Дальность действия радиолокатора и коэффициент усиления антенны $G(\varepsilon)$ связаны зависимостью

$$r \equiv \sqrt{G(\varepsilon)}, \quad G(\varepsilon) = G_0 \operatorname{cosec}^2 \varepsilon,$$

где G_0 - коэффициент усиления антенны в максимуме характеристики направленности. На рис.13 показана реальная зона обзора, ее верхняя граница АБ приблизительно совпадает с изовысотной диаграммой, а ее дальняя граница БВ соответствует изодальности диаграмме.

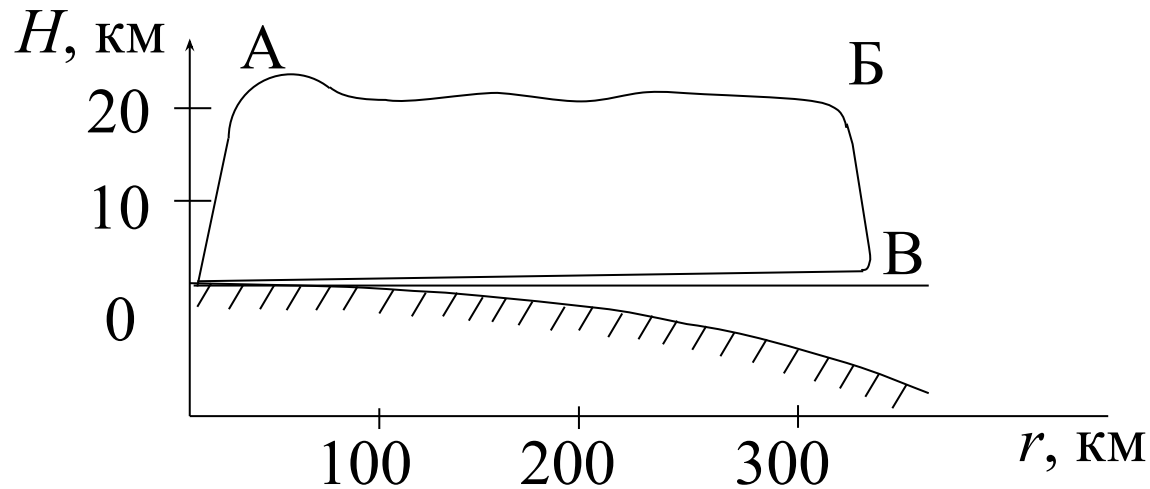


Рис. 13.

Секторный обзор отличается от кругового тем, что диаграмма направленности совершает периодическое движение в пределах ограниченного сектора. Секторный обзор применяется в том случае, если известно возможное направление на цель или если секторы обзора распределены между отдельными станциями.

4
5 Спиральный обзор осуществляется путем быстрого перемещения луча по спирали вокруг оси, образующей центр зоны обзора (рис.14). Спиральный обзор применяется при *игольчатых диаграммах направленности* в некоторых типах самолетных радиолокаторов и станций орудийной наводки.

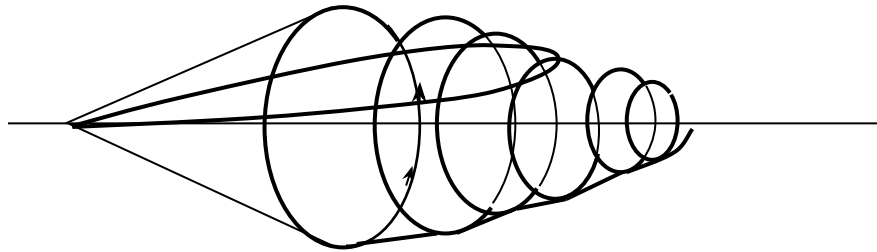


Рис. 14.

Кадровый обзор достигается путем быстрого качания луча антенны радиолокатора по одной угловой координате (азимуту) и медленного качания по другой (углу места). В результате след луча описывает зигзагообразную линию в пределах некоторого кадра (рис.15). Такой вид обзора используется в режиме *поиска целей*, в наземных и корабельных радиолокаторах орудийной наводки.

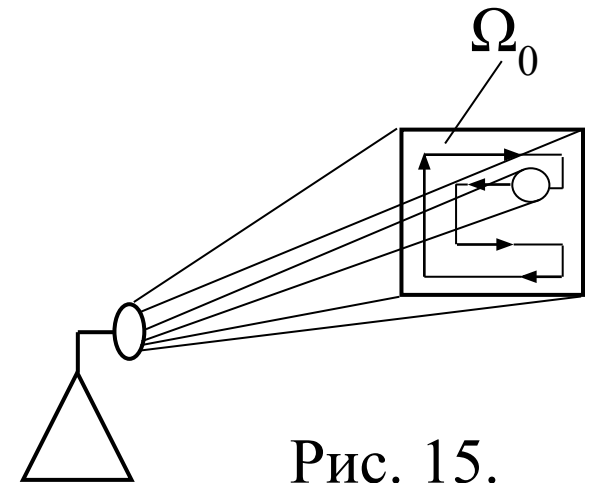


Рис. 15.

2
6
В ряду с последовательным широкое применение находит смешанный обзор. Одним из распространенных видов смешанного обзора является метод парциальных диаграмм по углу места. Антенна РЛС в этом случае создает при приеме (или передаче и приеме) пучок расходящихся веером игольчатых лучей, расположенных, например, в вертикальной плоскости (рис. 16).

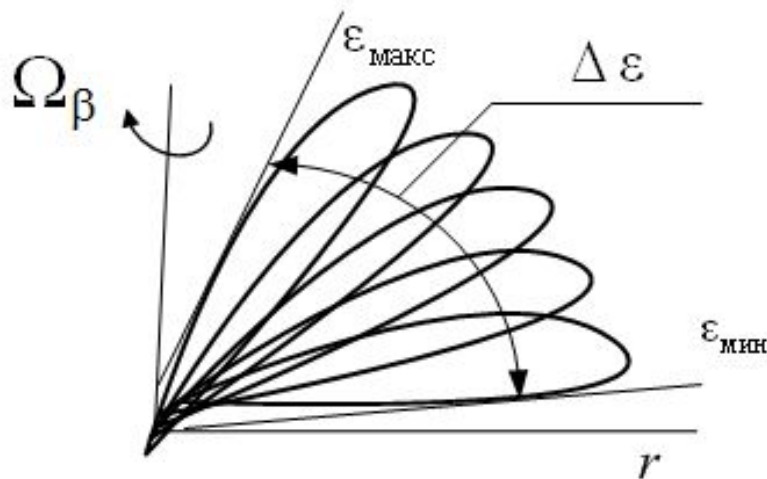


Рис. 16.

Недостатком метода парциальных диаграмм является большая сложность приемного устройства и антенны.

При вращении веерного луча в горизонтальной плоскости производится одновременный обзор по углу места и последовательный - по азимуту. Сигналы, принятые отдельными парциальными каналами, поступают на свои автономные приемники. Информационные возможности РЛС при этом повышаются - можно обеспечить более высокую разрешающую способность по угловой координате (углу места ϵ) при сохранении высокого темпа обзора.

4 **7** **Применение в РЛС ФАР** позволяет кроме обзора по жесткой программе организовать обзор по гибкой программе, зависящей от результатов локации. При этом можно уделять меньше времени обнаружению на тех направлениях, где выяснено отсутствие или наличие целей и известны их координаты, а большее время - направлениям, где трудно вынести соответствующие оптимальные решения.

В станциях с подвижными антеннами сканирование по одной из угловых координат может быть механическим, а по второй - электронным (частотным или фазовым). В станциях с неподвижными антеннами электронное сканирование осуществляется по двум координатам.

Системы с электронным сканированием кроме того обеспечивают:

- возможность формирования многих лучей, что позволяет одновременно осуществлять несколько функций - поиск, распознавание и сопровождение ряда целей;
- большое произведение мощности на площадь раскрытия антенны;
- удобство совместной работы с ЭВМ, которая может управлять электронным сканированием лучей по заранее выработанной программе.

К недостаткам этих систем можно отнести их конструктивную сложность и высокую стоимость.

Обычно вводят ряд технических характеристик или параметров обзора, которые рассмотрим для последовательного обзора, когда характеристики направленности передающей и приемной антенн перемещаются одновременно.

1. Число циклов обзора в единицу времени

$$n \left[\frac{\text{ЦИКЛОВ}}{\text{МИН}} \right] \quad \text{или} \quad m = \frac{n}{60} \left[\frac{\text{ЦИКЛОВ}}{\text{сек}} \right].$$

В зависимости от значения m различают быстрый и медленный обзор. Медленный обзор соответствует значению $m \ll 1$, быстрый $m \gg 1$.

2. Время обзора пространства $t_{\text{обз}} = 1/m$ [сек]. Это время, в течение которого осуществляется один цикл обзора.

3. Количество отдельно разрешаемых секторов, просматриваемых за время обзора. В зависимости от того, используется одномерный или двумерный обзор, ориентировочное количество разрешаемых секторов будет

$$\frac{\Delta\beta_{\text{обз}}}{\beta_{0,5\rho}} \quad \text{или} \quad \frac{\Omega_{\text{обз}}}{\Delta\Omega_{0,5\rho}} \quad \left(\frac{\varepsilon_{\text{обз}}}{\Delta\varepsilon_{0,5\rho}} \right).$$

где $\beta_{\text{обз}}$, $\Omega_{\text{обз}}$ ($\varepsilon_{\text{обз}}$) - полный сектор обзора,

$\Delta\beta_{0,5P}$ и $\Delta\Omega_{0,5P}$ - ширина луча по уровню половинной мощности. В случае кругового обзора $\beta_{\text{обз}} = 360^\circ$.

- 4. Время облучения $t_{\text{обл}}$. В зависимости от того, производится одномерный или двумерный обзор, время облучения составит

$$t_{\text{обл}} = t_{\text{обз}} \frac{\Delta\beta_{0,5P}}{\beta_{\text{обз}}} \quad \text{или} \quad t_{\text{обл}} = t_{\text{обз}} \frac{\Delta\Omega_{0,5P}}{\Omega_{\text{обз}}} \quad (1)$$

5. Время накопления $t_{\text{нак}} = \alpha t_{\text{обл}}$, где α - коэффициент пропорциональности. Если накапливаются все импульсы прямоугольной пачки, то $\alpha = 1$, при накоплении части импульсов $\alpha < 1$. При быстром обзоре пространства появляются возможности для осуществления междуобзорного накопления и $\alpha > 1$.

6. Число накапливаемых импульсов

$$M = \frac{t_{\text{нак}}}{T}, \quad (2)$$

где T - период следования импульсов. В зависимости от того, производится одномерный или двумерный обзор, выражения для числа накапливаемых импульсов с учетом соотношения (2) будут

$$M = \frac{t_{\text{обз}}}{T} \cdot \frac{\Delta\beta_{0,5P}}{\beta_{\text{обз}}} \quad \text{или} \quad M = \frac{t_{\text{обз}}}{T} \cdot \frac{\Delta\Omega_{0,5P}}{\Omega_{\text{обз}}}. \quad (3)$$

Диапазон частот

Под зондирующим радиолокационным сигналом (ЗС) понимают радиоволну, излученную передающей антенной РЛС в пространство. В активной радиолокации с пассивным ответом зондирующие сигналы обеспечивают появление отраженных от целей сигналов.

В качестве зондирующего сигнала (ЗС) в основном используются колебания СВЧ ($3 \cdot 10^{12} \div 150 \cdot 10^6$ Гц).

Обозначения США	K	X	C	S	L	P	VHF
Δf_0 , ГГц	12-40	8-12	4-8	2-4	1-2	300-900	30-30
f_0 , ГГц	38	10	6	3,4	1,3	430	120
λ_0	8 мм	3 см	5 см	9 см	23 см	70 см	2,5 м

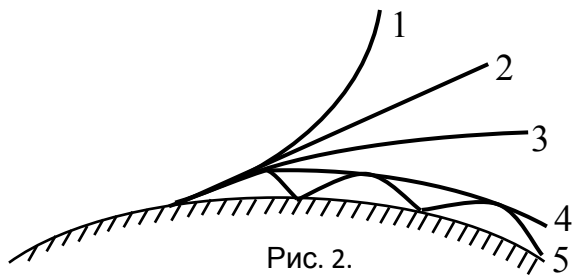
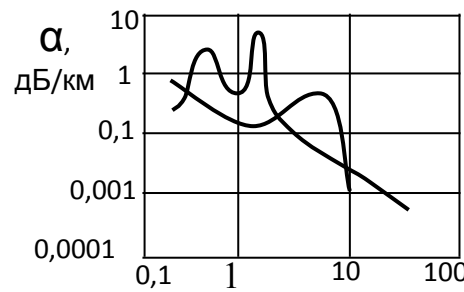


Рис. 2.

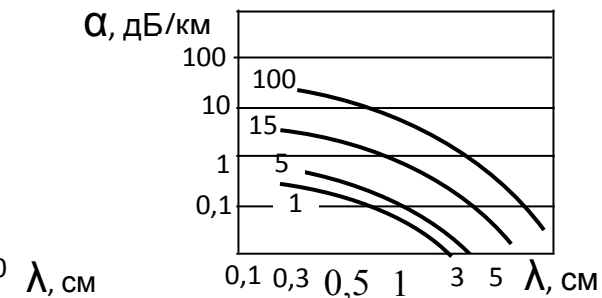
При $dn/dh=0$ (кривая 2) - рефракция отсутствует, т.е. луч распространяется по прямолинейной траектории.

Искривление траектории (явление рефракции)

вызывается изменением коэффициента преломления тропосферы и ионосферы по высоте.



а) — Кислород
— Водяные пары



б) В дожде и тумане

Рис. 4.

$$r_{ц_{max}} = r_{0_{max}} \cdot 10^{-0,05\alpha\Delta r}$$

Влияние Земли на дальность действия РЛС связано с кривизной Земли и интерференцией радиоволн.

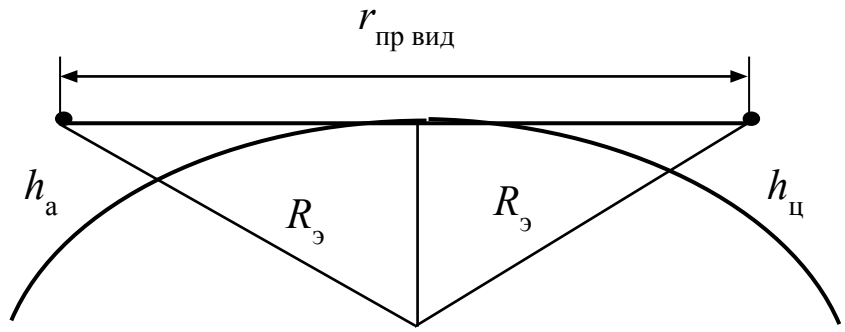


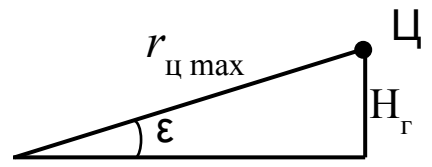
Рис. 5.

$$r_{\text{пр. вид}} = 4,12 \left(\sqrt{h_a} [\text{М}] + \sqrt{h_c} [\text{М}] \right) [\text{км}]$$

Кроме того, сферичность Земли требует коррекции соотношения для вычисления высоты цели. Если не учитывать сферичность земной поверхности, то высота цели над плоскостью горизонта равна

$$H_r = h_a + r_{\text{ц max}} \sin \epsilon,$$

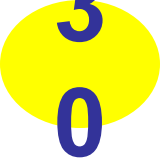
$$H_{\text{ист}} = H_r + \Delta H,$$



$$\Delta H = \frac{r_{\text{ц max}}^2}{2R_з}.$$

ВЫВОД

- **Обзор пространства зависит от требований к характеристикам РЛС и решаемых ею задач и может быть последовательным, одновременным или смешанным. Применение в РЛС ФАР позволяет адаптировать характеристики обзора к условиям работы и решаемым задачам РЛС.**



Заключение и указания по отработке материала лекции

1. Физические основы получения РЛИ заключаются в:

- - отражении радиоволн на границе раздела двух сред;
- - постоянстве скорости и прямолинейности распространения радиоволн в однородной среде;
- - интерференции радиоволн;
- - рефракции радиоволн в неоднородной среде;
- - изменении несущей частоты сигнала, отраженного от движущейся цели.

2. Задачи, решение которых возлагается на РЛС определяют требования к характеристикам и соответственно ТТХ РЛС.

- 3. РЛС при решении, поставленных перед ними задач, могут использовать последовательный, параллельный и параллельно-последовательный (смешанный) способы обзора пространства (получения РЛИ).
- Отработать материал лекции в соответствии с рекомендованной литературой. Л 1/о с. 16-24; Л 1/д с.5-15.



Спасибо за внимание!

www.sfu-kras.ru
<http://ivo.institute.sfu-kras.ru>