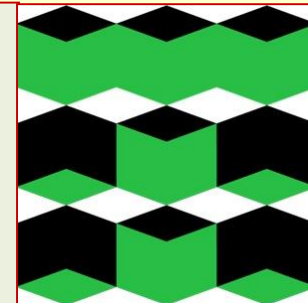




Военный учебный центр при Томском политехническом университете



Цикл
№2

**«Боевое применение подразделений,
вооружённых зенитными артиллерийскими
самоходными установками с радиоприборными
комплексами»**



КУРС ЛЕКЦИЙ

**Автор: преподаватель 2 цикла
*подполковник запаса Гаврилов А. А.***



Дисциплина:
«Устройство и эксплуатация ЗСУ»
Раздел 1:
«Основы построения ЗАК»



Тема №2
Основы радиолокации

Контрольные вопросы



Занятие №2
Структурная схема
радиолокатора

Цели занятия:

Изучить:

- импульсный метод радиолокации, импульсные РЛС;**
- основные технические характеристики импульсного радиолокатора;**
- эффективную отражающую поверхность (ЭОП) цели.**

ВИД ЗАНЯТИЯ: – ГРУППОВОЕ.

Актуальность занятия:

Обусловлено:

- **необходимостью иметь глубокие и твердые знания по импульсному методу радиолокации, импульсным РЛС;**
- **основным техническим характеристикам импульсного радиолокатора;**
- **эффективной отражающей поверхности (ЭОП) цели.**

Вопросы занятия:

1. Импульсный метод радиолокации.
Импульсные РЛС.
2. Основные технические характеристики импульсного радиолокатора.
3. Эффективная отражающая поверхность (ЭОП) цели.

В.А. Подгорный



**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ
ЗЕНИТНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ
КОМПЛЕКСОВ**



Литература:

1. Учебное пособие
«Основы построения ЗАК»-2013 г.,
стр.47-54
3. Учебное пособие
«Основы построения РЛС
обнаружения и РЭБ» ТУСУР - 2003
г., стр. 11-23.

Дополнительные материалы

№	Название	Ссылка
1	Су-27: Радиолокационная станция (РЛС) 1	https://www.youtube.com/watch?v=O4E7Jf43u
2	Су-27: Радиолокационная станция Часть 2	https://www.youtube.com/watch?v=mpZ12M2a6f
3	РЛС "Ирбис-Э" в работе (Су-35)	https://www.youtube.com/watch?v=KcPec472tI
4	Возможности РЛС "Ирбис-Э"	https://www.youtube.com/watch?v=Zu9b4AZE7k
5	Командир отряда - старший оператор РЛС (ИВВ-СВ)	https://www.youtube.com/watch?v=Jx4td4jQ2s
6	РЛС	https://www.youtube.com/watch?v=407yNH7Zse
7	Общие принципы работы радиолокатора	https://www.youtube.com/watch?v=W3a8dyW3W4U

45

Вопрос 1

Импульсный метод радиолокации. Импульсные РЛС

История развития импульсных РЛС

3 января 1934 г. в Ленинграде на небольшой специально построенной установке были зарегистрированы отраженные от самолета радиоволны. С этого дня, который можно считать днем рождения импульсного метода радиолокации, а также импульсных РЛС, направленные на обнаружение воздушных целей.

Первая импульсная РЛС была разработана в Ленинградском государственном университете. Эти станции имели следующие характеристики:



Они позволяли обнаруживать самолеты на расстоянии до 100 км.

История развития импульсных РЛС

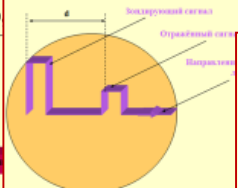
В 1940 Ленинградским физико-техническим институтом было закончено строительство первой импульсной РЛС. Антенны станции раскрывались на большую дальность обнаружения. Во время Великой Отечественной войны развернуто производство станций, можно было легко перенести их в другие районы.

Впоследствии станция позволили определить дальность и направление воздушных целей. В конце войны советскими инженерами были разработаны системы повышения дальности обнаружения отдельных операций. Измерения дальности и направления (автоматическая наводка), автоматическое сопровождение.

<http://vivovoc>

Импульсный метод радиолокации.

Сущность импульсного метода радиолокации заключается в том, что передатчик вырабатывает импульсы, а не непрерывный сигнал.



Так как расстояние d на постоянной скорости движения цели пропорционально тому же времени распространения электромагнитной энергии. Чтобы на экране индикатора электронным лучом зондировать дальность, частота повторения импульсов должна соответствовать скорости движения отражающей цели. т.е. до следования цели.

Импульсный метод радиолокации

Прямой ход луча горизонтальной развертки на экране

Импульсная РЛС

Радиолокационная станция (РЛС) - это сложное радиотехническое устройство, предназначенное для обнаружения, измерения дальности и направления полета воздушных целей и определения угла места $\epsilon_{ц}$, угла места $\epsilon_{ц}$, наклона.



Структурная схема импульсной РЛС.

Система синхронизации

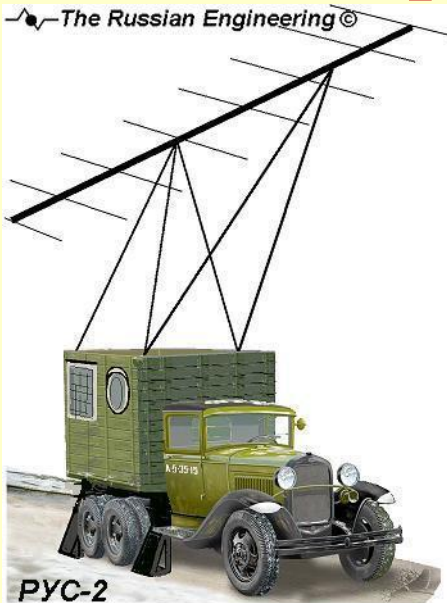


Система синхронизации РЛС - задает частоту повторения (период следования) импульсов электромагнитных волн СВЧ, управляя работой передатчика.

Вместе с тем **СС** вырабатывает управляющие сигналы, позволяющие согласовать по времени (синхронизировать) с работой передатчика работу остальных систем РЛС.



История развития импульсных РЛС



Приказом Наркома обороны от 26 июля 1940 г. станция «Редут» была принята на вооружение войск ПВО под названием РУС-2 (радиоуловитель самолетный).



<https://www.youtube.com/watch?v=8DbZssO-1Bo>



3 января 1934 г. в Ленинграде на небольшой специально построенной установке были зарегистрированы отраженные от самолета радиоволны.

С этого дня, который можно считать днем рождения советской радиолокации, начались интенсивные исследования, направленные на решение задачи обнаружения самолета и точного определения его местоположения.

*Первая **импульсная радиолокационная установка** была испытана в **1937**.*

*Промышленный выпуск **импульсных РЛС (РУС-2, «Редут»)**, автомобиль ГАЗ-ААА) начался в **1940**.*

Эти станции имели одну приёмо-передающую антенну и помещались вместе с источником электропитания в кузове автомашины.

Они позволяли обнаруживать самолёты при круговом обзоре воздушного пространства на расстояниях (в зависимости от высоты полёта) до 150 км.

История развития импульсных РЛС

В 1940 Ленинградским физико-техническим институтом было закончено сооружение стационарной РЛС для системы ПВО.

Антенны станции располагались на большой высоте (20 м), что обеспечивало большую дальность обнаружения (~ 250 км) и давало возможность обнаруживать сравнительно низко летящие самолёты.

Во время Великой Отечественной войны, кроме станций «Редут», было развёрнуто производство надёжных портативных станций «Пегматит», которые можно было легко перевозить в упакованном виде и быстро устанавливать в любом помещении.

В последствии станции «Пегматит» были усовершенствованы так, что они позволили определять, кроме дальности и азимута самолёта, его высоту. В конце войны совершенствование РЛС происходило в направлении как повышения дальности их действия и точности измерений, так и автоматизации отдельных операций посредством автоматических слеющих систем для измерения дальности и слежения по угловым координатам (в станциях орудийной наводки), автоматических счётных устройств (в станциях для «слепого» бомбометания) и т.д.

История развития импульсных РЛС

После 2-й мировой войны, с развитием авиации (повышением высоты, скорости полёта и манёвренности самолётов), появилась необходимость создания РЛС, способных работать в условиях сложной обстановки — при большом количестве объектов и действии умышленных помех.

Повышение точности измерения координат (в т. ч. благодаря новым методам их измерения), сопряжение РЛС с вычислительными машинами и общей системой радиоуправления снарядами-ракетами существенно изменили технические и тактические параметры РЛС, ставших важнейшим звеном автоматизированной системы управления средствами ПВО.

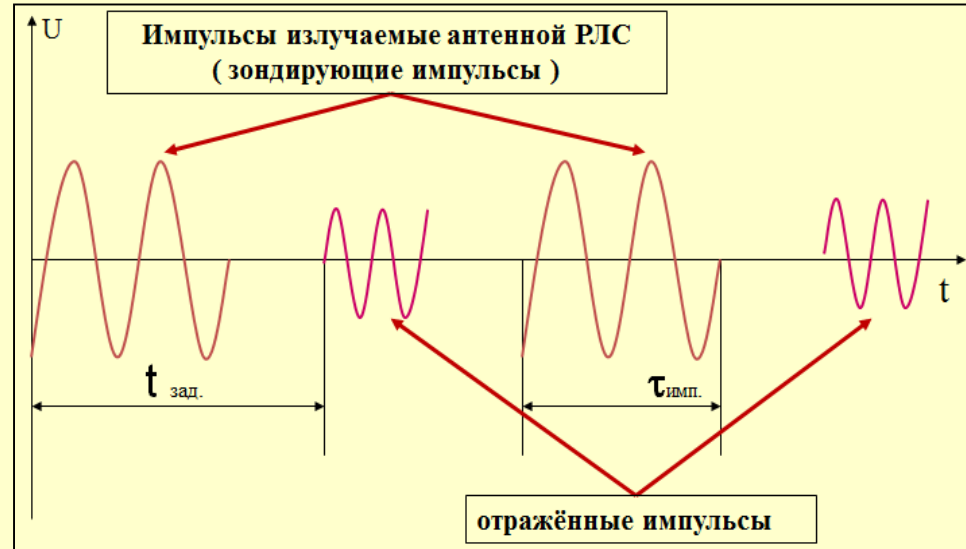
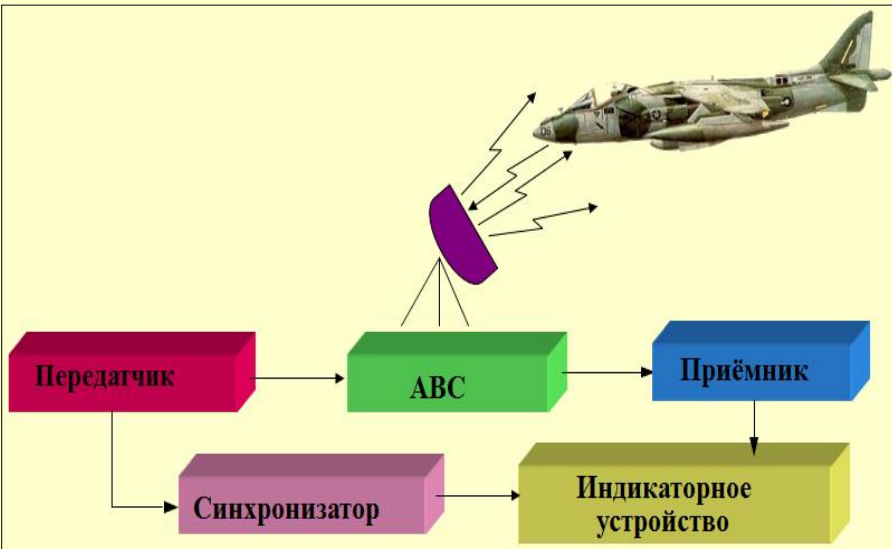
Появление в 50-60-х гг. ракетной и космической техники привело к созданию РЛС для решения ряда новых задач.

Были разработаны разнообразные РЛС для решения многих задач науки и народного хозяйства. ✘

Импульсный метод радиолокации

Импульсный метод основан на том, что:

- передатчик вырабатывает СВЧ энергию не непрерывно, а кратковременными **импульсами**.



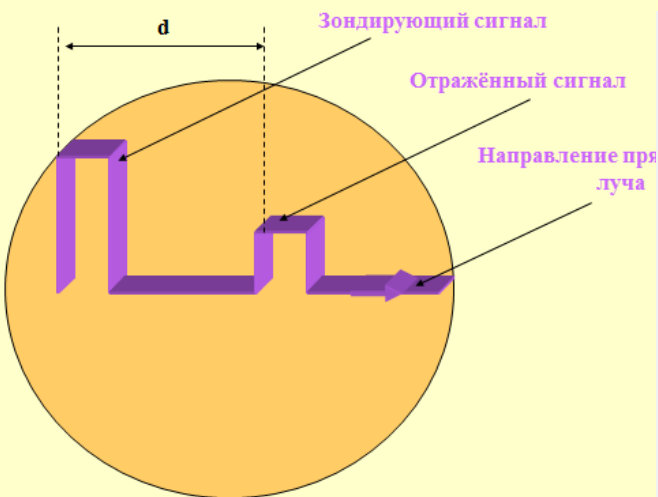
Измеряя время между зондирующими и отраженными импульсами (эхо-сигнал), можно определить дальность до ВЦ

$$D = \frac{ct_{\text{зад.}}}{2}$$

Время задержки, $t_{\text{зад}}$ - измеряется в микросекундах. Измерения производят с помощью индикаторов на электронно-лучевой трубке (**ЭЛТ**).

Импульсный метод получил широкое распространение в РЛС разведки и целеуказания, применяемых в войсковой ПВО.

Импульсный метод радиолокации



Сущность импульсного метода.

Прямой ход луча горизонтальной развертки на экране ЭЛТ начинается в момент излучения импульса.

Отраженные эхо-сигналы после усиления и детектирования в приемном устройстве подводятся к вертикальным отклоняющим пластинам ЭЛТ и создают вертикальное отклонение луча.

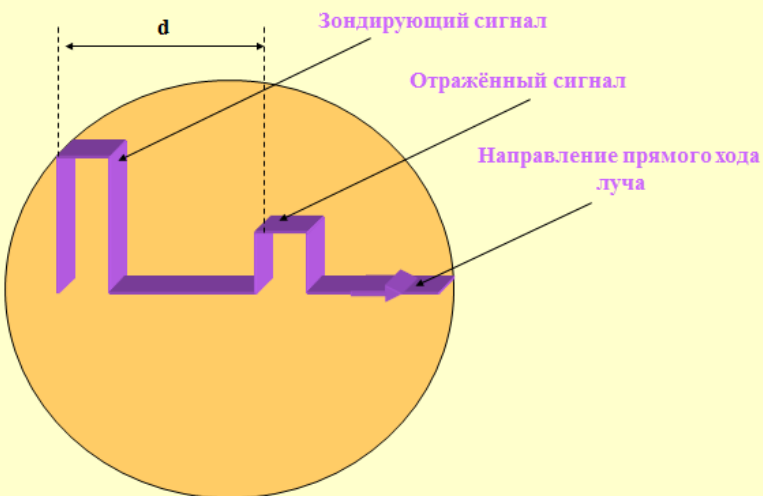


Между d и D существует линейная зависимость:

- расстояние d на экране ЭЛТ пропорционально времени $t_{\text{зад}}$ вследствие постоянной скорости движения луча, а

- действительное расстояние D до цели пропорционально тому же времени $t_{\text{зад}}$ вследствие постоянства распространения ЭМЭ.

Импульсный метод радиолокации



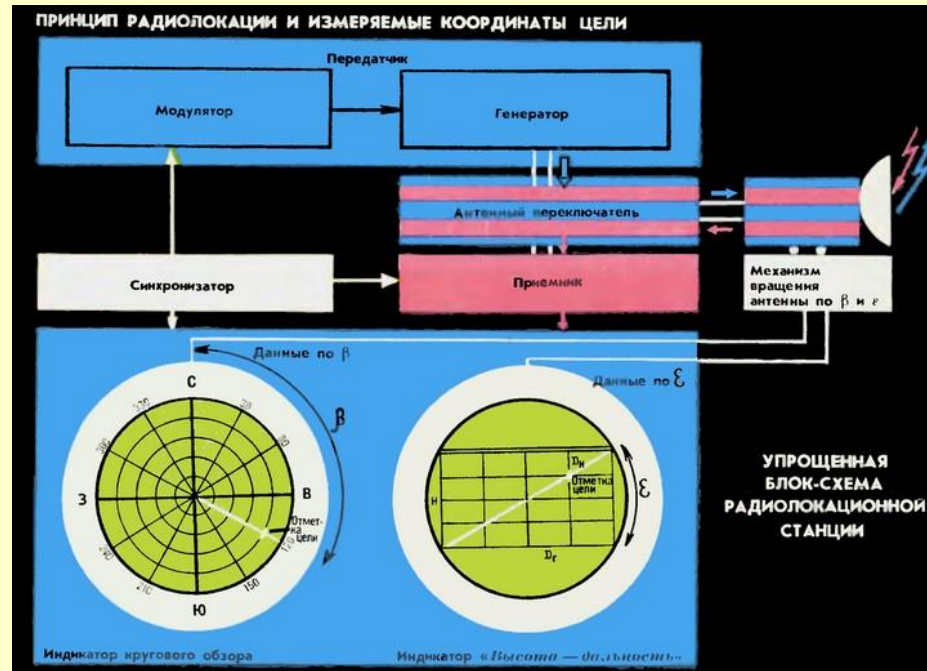
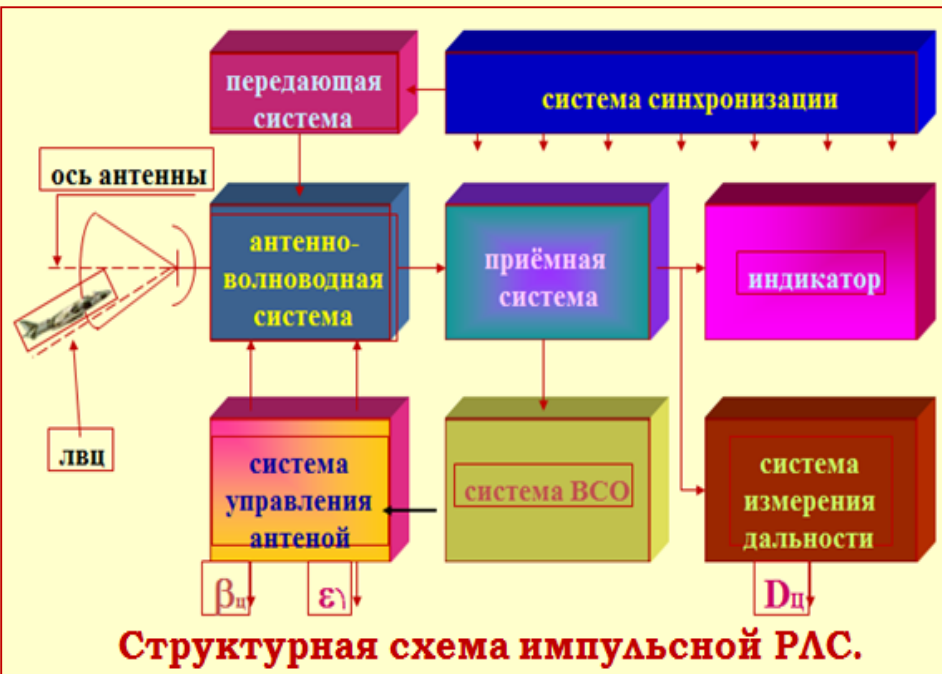
Чтобы на экране индикатора получить устойчивое изображение прямого и отраженного сигналов, электронный луч индикатора начинает движение в момент излучения каждого зондирующего импульса с одной и той же точки экрана.

Частота повторения импульсов выбирается таким образом, чтобы импульс, отраженный от наиболее удаленных целей, на обнаружение которых рассчитана РЛС, успел поступить в приемник до следующего зондирующего импульса, т.е. до следующего прямого хода луча на индикаторе.



Импульсная РЛС

Радиолокационная станция (РЛС) - это сложное РТУ (радиотехническое устройство), предназначенное - для обнаружения воздушных целей и определения их текущих координат (азимута $\beta_{ц}$, угла места $\epsilon_{ц}$, наклонной дальности $D_{ц}$).



Передающая система



Передающая система (ПРДС) - генератор электромагнитных волн. **ПРДС** – служит для формирования периодической последовательности зондирующих радиоимпульсов СВЧ, которые с помощью линий передач подводятся к антенне.

Антенно-волноводная система (АВС)



Антенно-волноводная система (АВС) служит для:

- передачи СВЧ сигналов с выхода ПРДС на вход антенны,
- формирования диаграммы направленности (ДНА) на передачу и прием,
- передачи принятых антенной СВЧ сигналов на вход приемной системы;
- подключения выхода передатчика на эквивалент антенны при скрытой работе.

Приемная система



Приемная система – предназначена для усиления сигналов, принятых антенной, и их преобразования до величины, обеспечивающей нормальную работу конечных устройств - индикатора, СИД, системы ВСО.

Система выделения сигнала ошибки



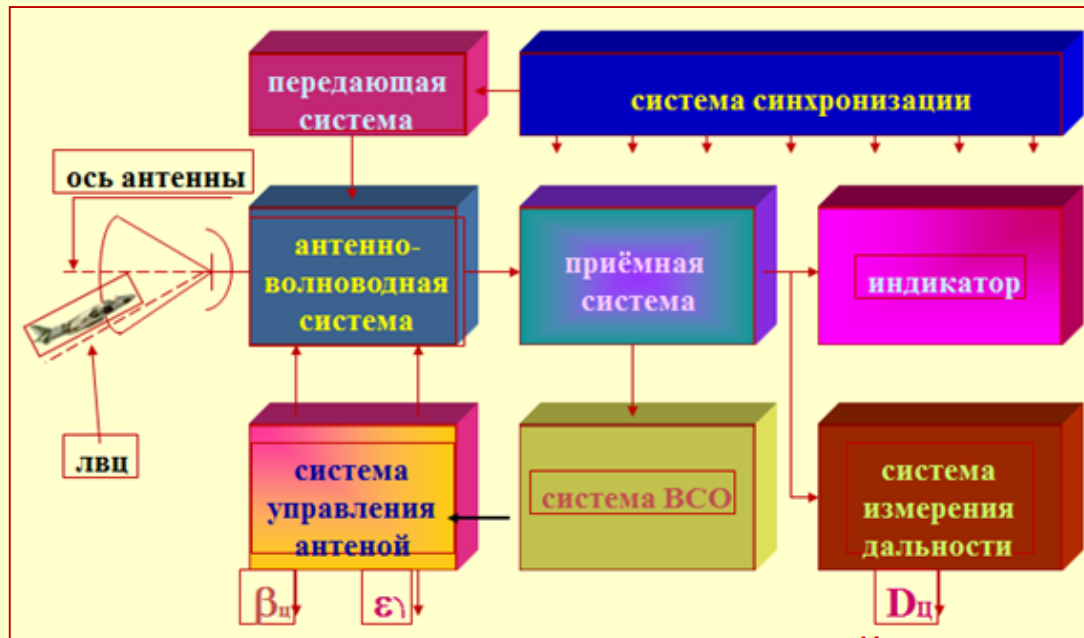
Система выделения сигнала ошибки (ВСО) - для выделения напряжения сигнала ошибки (U_{CO}) сопровождения цели по угловым координатам из импульсных сигналов, поступивших из приемной системы.

U_{CO} – представляет собой синусоидальное напряжение низкой частоты (десятки Гц).

Фаза U_{CO} будет изменяться при изменении направления отклонения ЛВЦ от электрической оси антенны, а амплитуда – от величины отклонения.

U_{CO} содержит информацию о направлении и величине отклонения ВЦ от электрической оси антенны.

Система управления антенной



Система управления антенной – служит для преобразования, усиления по мощности U_{CO} и подачи его на приводные двигатели СУА.

Двигатели будут разворачивать антенну РЛС по β и ϵ до тех пор, пока электрическая ось антенны не совместится с ЛВЦ и

U_{CO} на выходе системы ВСО не станет равным нулю.

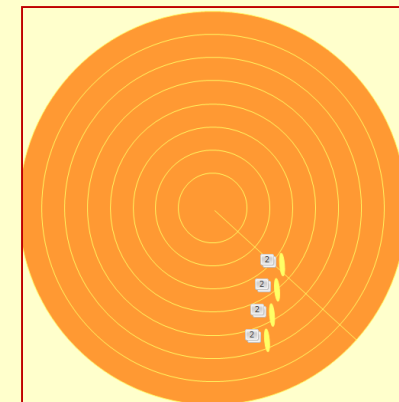
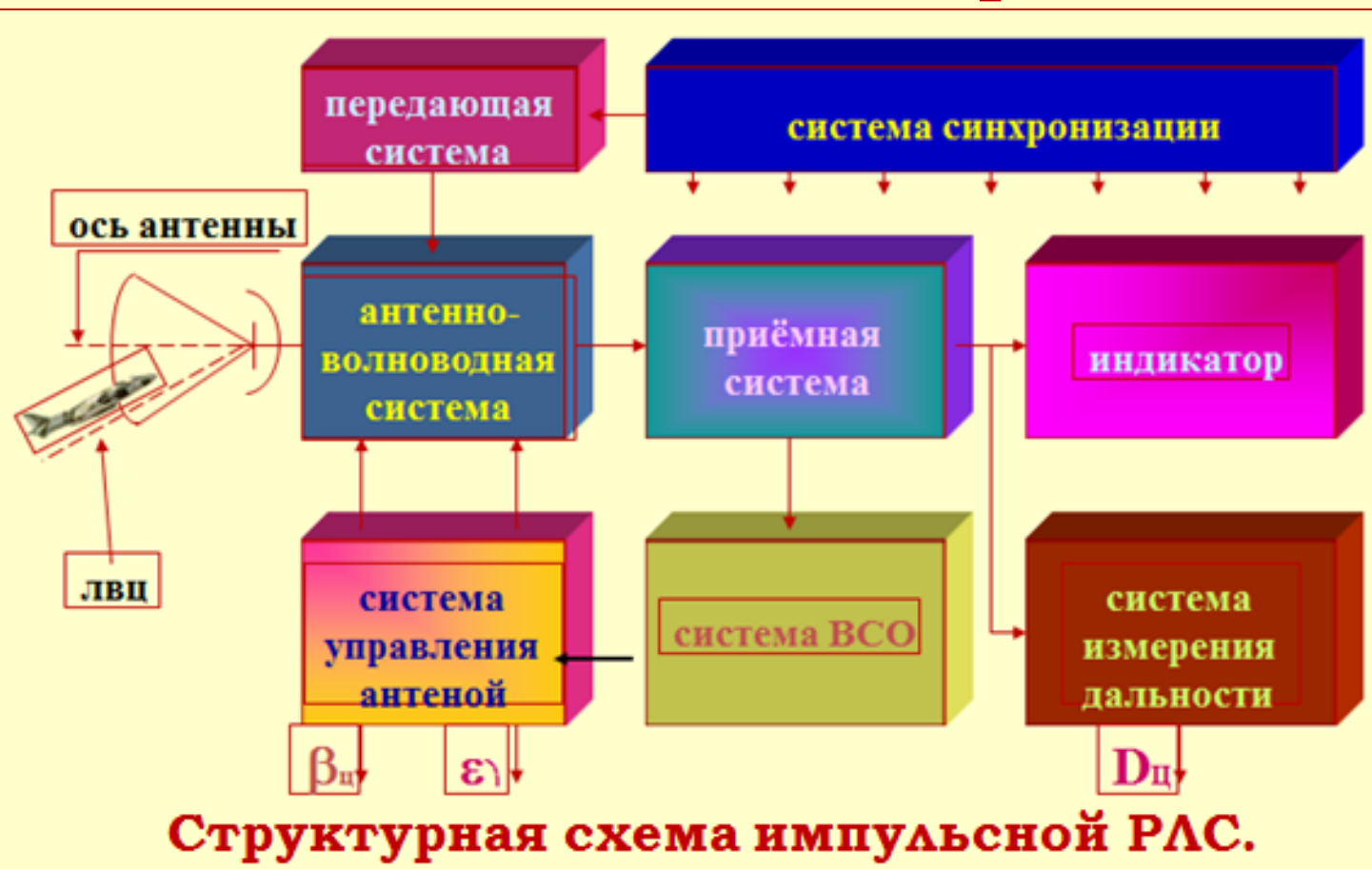
С датчиков антенны снимаются значения $\epsilon_{ц}$, $\beta_{ц}$, соответствующих положению антенны относительно выбранного направления и плоскости горизонта.

Система измерения дальности (СИД)



Система измерения дальности (СИД) – предназначена для точного измерения наклонной дальности до воздушного объекта.

Индикатор РЛС



Индикатор РЛС – служит для отображения боевой обстановки в зоне действия станции, а также определения координат воздушных объектов и их взаимного расположения.

Система синхронизации



Система синхронизации РЛС - задает частоту повторения (период следования) импульсов электромагнитных волн СВЧ, управляя работой передатчика.

Вместе с тем **СС** вырабатывает управляющие сигналы, позволяющие согласовать по времени (синхронизировать) с работой передатчика работу остальных систем РЛС.



Вопрос 2

Основные технические характеристики импульсного радиолокатора

Теоретические основы радиолокации
Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Все мнотактически В качестве показателя функциональности Тактико-технические характеристики РЛС ГА: зона обзора, период, разрешение, пропускная способность, электромагнитная помехоустойчивость.

Теоретические основы радиолокации
Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Период обзора зоны обзора непрерывно должен уменьшаться.

Теоретические основы радиолокации
Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Виды обзора
Круговой обзор $K_{\text{кр}} = 5 \cdot \text{Виды}$
Конический обзор $K_{\text{кон}} = 5 \cdot \text{Виды}$

Основные технические характеристики импульсной РЛС:

№	Параметр
1	Длина волны
2	Излучаемая мощность
3	Чувствительность
4	Коэффициент усиления антенны
5	Ширина горизонтальной зоны обзора
6	Частота повторения импульсов
7	Скорость сканирования
8	Потребляемая мощность
9	Длительность импульса
10	Полоса пропускания

Длина волны
От выбора длины волны зависят размеры антенны, коэффициент усиления, дальность обнаружения, разрешающая способность.

Мощность передатчика
Размеры антенны, коэффициент усиления, дальность обнаружения, разрешающая способность.

Чувствительность приемника
Чувствительность приемника зависит от коэффициента усиления антенны, дальности обнаружения, разрешающей способности.

Коэффициент усиления антенны
Коэффициент усиления антенны зависит от коэффициента усиления антенны, дальности обнаружения, разрешающей способности.

Частота повторения импульсов
Частота повторения импульсов зависит от дальности обнаружения, разрешающей способности.

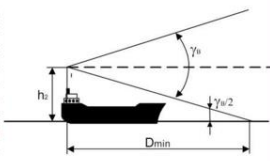
Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Эксплуатационные характеристики бортовой РЛС
Минимальная дальность обнаружения.
Под этим подразумевается наименьшее расстояние от антенны, ближе которого нельзя обнаружить объекты.

$$D_{\text{min}} = \frac{c \cdot \tau_{\text{д}}}{2}$$

где, $\tau_{\text{д}}$ – длительность зондирующего импульса.

Имеется еще понятие «мертвой зоны» радиолокатора, которое не следует отождествлять с минимальной дальностью обнаружения. Разница состоит в том, что дальность обнаружения определяется лишь техническими качествами станции, в то время как мертвая зона включает в себя и условия установки антенны на данном судне.

$$D_{\text{МЗ}} = h_2 \cdot \text{ctg} \frac{\gamma_{\text{н}}}{2}$$




Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Все многообразие характеристик РЛС можно разделить на три группы: **тактические, технические и эксплуатационные.**

В качестве исходных данных при расчете РЛ берутся их тактические показатели.

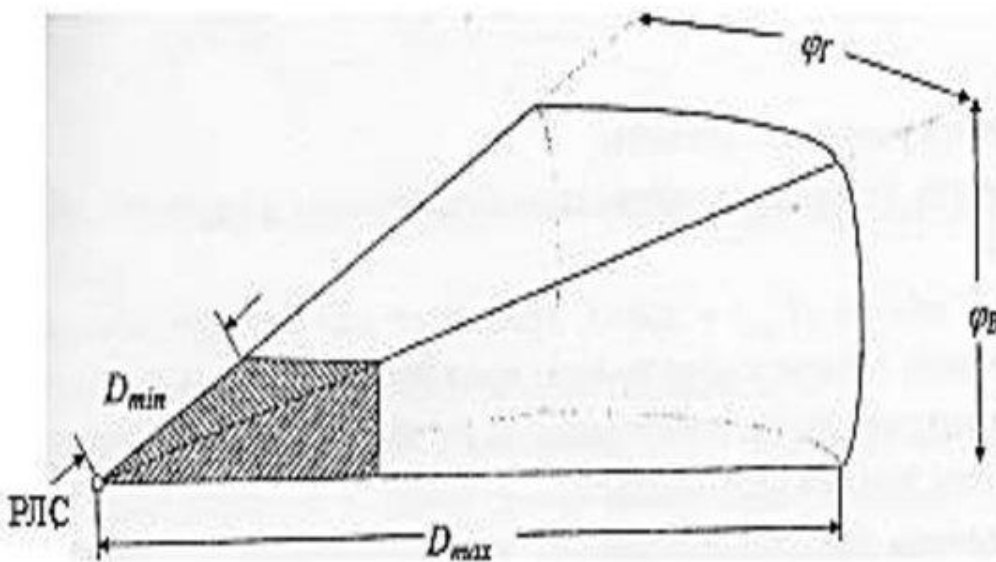
Тактические характеристики РЛС определяют ее назначение и функциональные возможности при практическом применении.

Тактическими характеристиками РЛС являются :

- зона обзора;
- период обзора;
- показатели эффективности обнаружения объекта;
- измеряемые координаты и параметры движения объектов и точность измерений;
- разрешающая способность;
- пропускная способность;
- помехоустойчивость;
- электромагнитная совместимость;

Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Зона обзора ограничивается максимальной (D_{max}) и минимальной (D_{min}) дальностью действия и секторами обзора в горизонтальной (φ_r) и вертикальной (φ_B) плоскостях



Максимальная дальность радиолокационного обнаружения зависит от технических параметров РЛС, характеристик отражающего объекта, состояния атмосферы, подстилающей поверхности и ряда других факторов.

Минимальная дальность РЛС определяется длительностью зондирующего импульса (для импульсных РЛС), временем восстановления чувствительности приемников (включая инерционность антенного переключателя при переходе из режима передачи в режим приема), а также зависит от высоты установки антенны РЛС и ширины диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости.

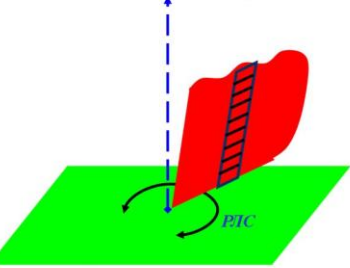
Виды обзора

Круговой обзор

Слайд № 53

ДОСТОИНСТВА МЕТОДА:

1. Простота
2. Минимальное время обзора пространства
3. Почти непрерывное отображение воздушной обстановки в заданной зоне обзора



$$N_{\text{обз}} = 5 \dots 10 \text{ об/мин}$$

$$t_{\text{обз}} = \frac{\gamma_{0,5p}}{\Omega_a}$$

$$N = t_{\text{обз}} \cdot F_n = \frac{t_{\text{обз}}}{T_n}$$

$$N_{\text{обз}} = \frac{\gamma_{0,5p}}{\Omega_a} \cdot F_n$$

$$\Omega_{\text{max}} = \frac{\gamma_{0,5p} \cdot F_n}{N_{\text{обз, min}}}$$

$$\Omega / c = 6 \cdot n (\text{об/мин})$$

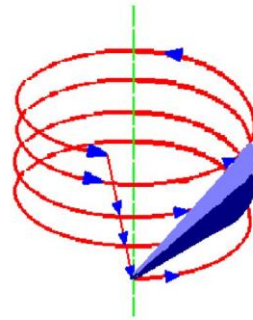
$$n (\text{об/мин}) = \frac{\Omega (\text{об/с})}{6}$$

$$n_{a, \text{max}} = \frac{\gamma_{0,5p}}{6 \cdot (5 \dots 10)} \cdot F_n (\text{об/мин})$$

$$n_{\text{max}} = \frac{1^\circ \cdot 330}{6 \cdot (5 \dots 10)} = (5 \dots 10) \text{ об/мин}$$

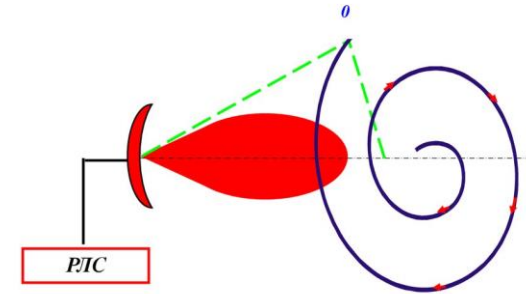
Винтовой обзор

Слайд № 54



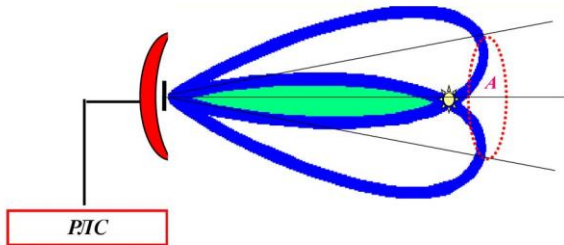
Спиральный обзор

Слайд № 55



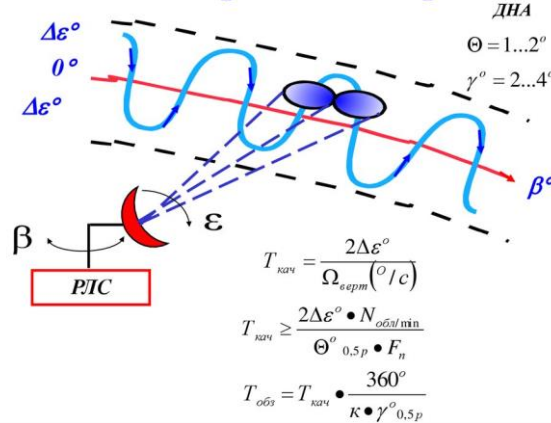
Конический обзор

Слайд № 56



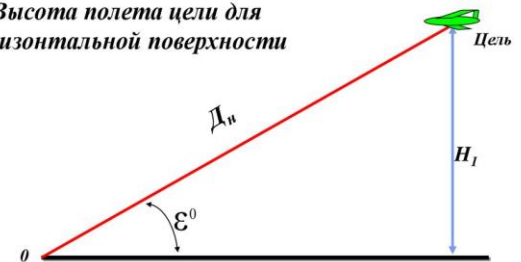
Пилообразный обзор

Слайд № 57



Высота полета цели для горизонтальной поверхности

Слайд № 58



$$H_{г} = D_{н} \cdot \sin \varepsilon^\circ$$

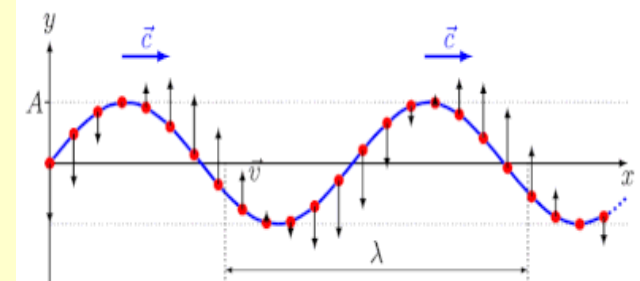
Основные технические характеристики импульсной РЛС:

№	Характеристика	Условное обозначение	Примечание
1	Длина рабочей волны передатчика	λ	
2	Излучаемая мощность	$P_{изл}$	
3	Чувствительность приемника	$P_{пр.min}$	
4	Коэффициент усиления антенны	g_a	
5	Ширина диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях		
6	Частота повторения импульсов	$F_{п}$	
7	Скорость вращения антенны	n_a	
8	Потребляемая станцией энергия	P	
9	Длительность импульса	$\tau_{и}$	
10	Полоса пропускания приемника	ΔF	

Длина волны

Длина волны — расстояние между двумя ближайшими друг к другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе.

Длина волны (в линии передачи) — расстояние, на котором фаза электромагнитной волны вдоль направления распространения меняется на 2π .



$$\lambda = \frac{299\,792\,458 \text{ m/s}}{f}$$

Получить соотношение, связывающее длину волны с фазовой скоростью и частотой можно из определения.

Длина волны соответствует пространственному периоду волны, то есть расстоянию, которое точка с постоянной фазой «проходит» за интервал времени, равный периоду колебаний, поэтому

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{2\pi v}{\omega}$$

Длина волны

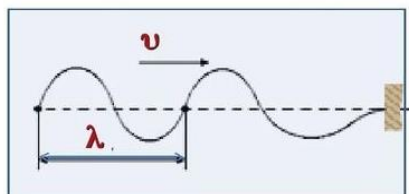
Длина волны – это расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебания.

$$\lambda = vT$$

λ - длина волны

v - скорость распространения волны

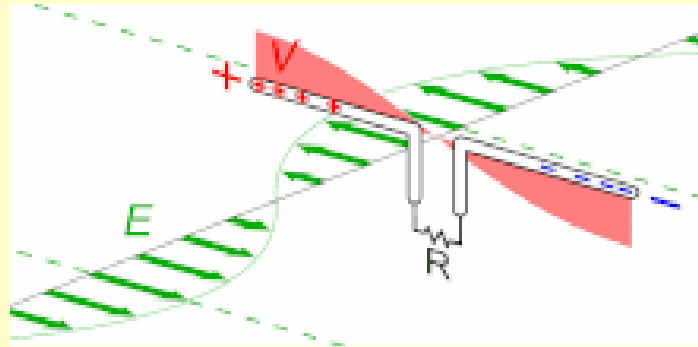
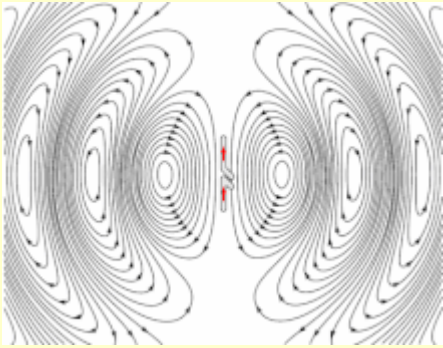
T - период колебаний



Длина волны

От выбора рабочей **длины волны** РЛС зависят:

- размеры антенны, при требуемых значениях ширины ДНА;
- коэффициент направленного действия антенны.



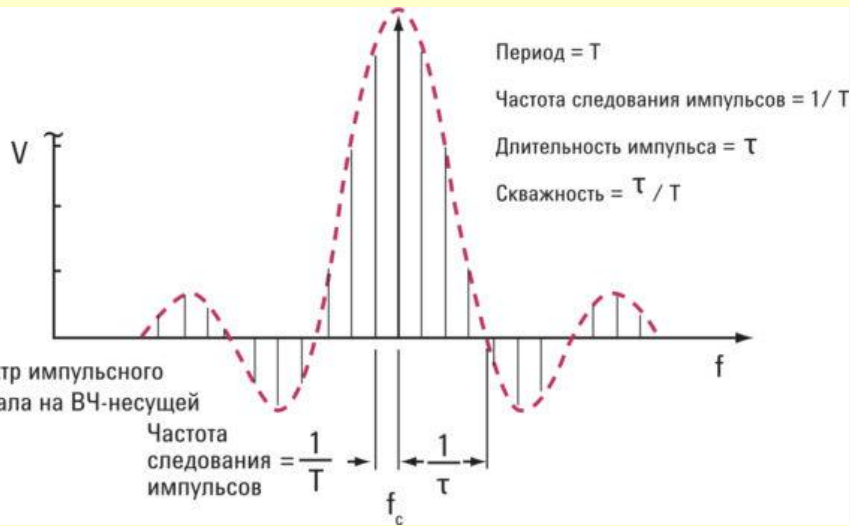
При выборе **длины волны** учитывают:

- возможность получения необходимой мощности от передатчика;
- обеспечение требуемой чувствительности приемника;
- поглощающее и рассеивающее действие гидрометеоров (дождь, снег) и атмосферы.

При настройке РЛС:

- изменяется частота излучаемых колебаний **f**, которая обратно пропорциональна **длине волны**.

Мощность передатчика



Излучаемая мощность $P_{\text{изл}}$ РЛС характеризуется **импульсной** мощностью передатчика $P_{\text{и}}$

Импульсная мощность передатчика - средняя в течении импульса мощность, отдаваемая передатчиком в волноводную систему.

Импульсная мощность связана со средней мощностью передатчика за период следования импульсов $P_{\text{ср}}$ соотношением

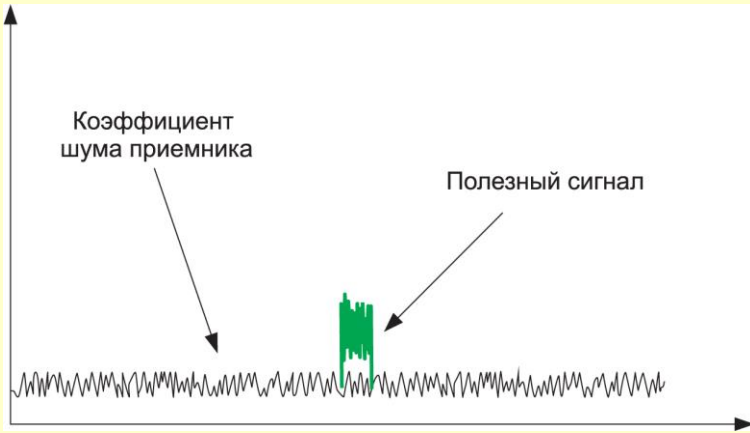
$$P_{\text{и}} = P_{\text{ср}} \cdot T_{\text{и}} \cdot F_{\text{и}}$$

где $T_{\text{и}}$ - длительность импульса в с.;

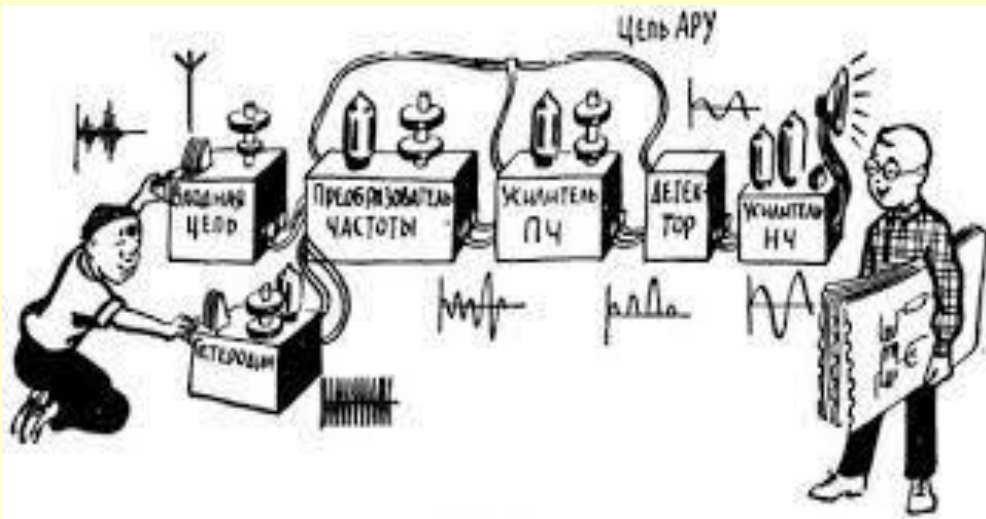
$F_{\text{и}}$ - частота следования импульсов в Гц.

Чувствительность приемника

Чувствительность приемника $P_{пр.мин}$ - это минимальная мощность сигнала на его входе, при которой обеспечивается прием отраженных сигналов (mB).



Обнаружение сигналов происходит на фоне собственных шумов приемного устройства: $P_{пр.мин} = v_p * P_{шo}$; где:
 $P_{шo}$ - мощность шума в полосе пропускания приемника;
 v_p - коэффициент различимости.



Коэффициент усиления антенны

Коэффициент усиления антенны g_a характеризует направленные свойства антенной системы и практически равен коэффициенту направленного действия антенны **G**.

Поэтому часто вместо коэффициента усиления пользуются:

- коэффициентом направленного действия (КНД) антенны.

КНД связан с эффективной площадью антенны S_a :

$$G = 4\pi S_a / \lambda^2$$

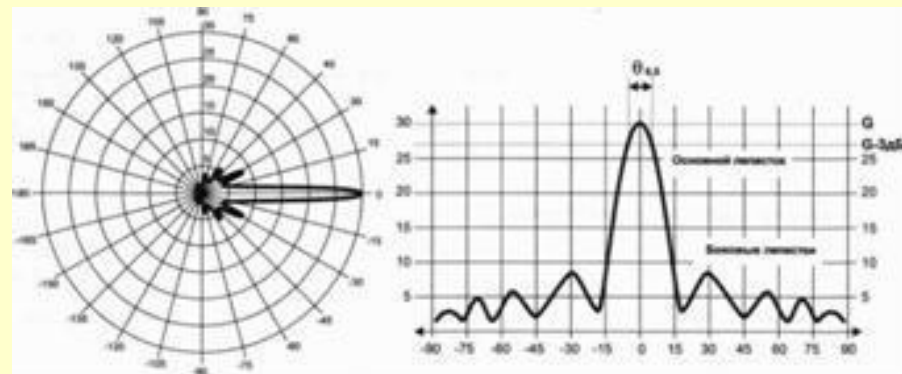
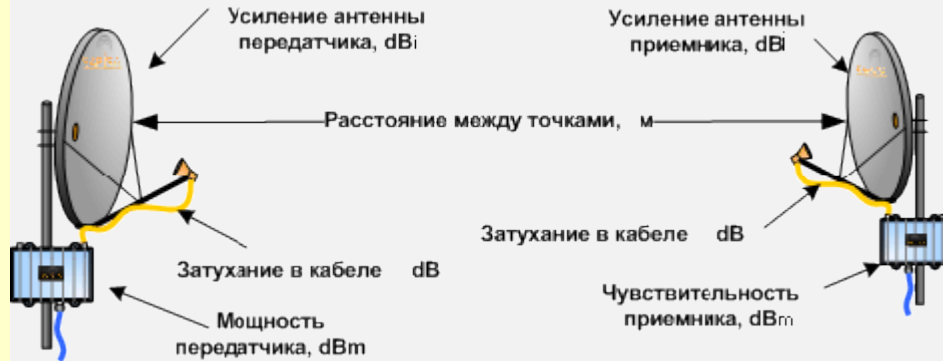
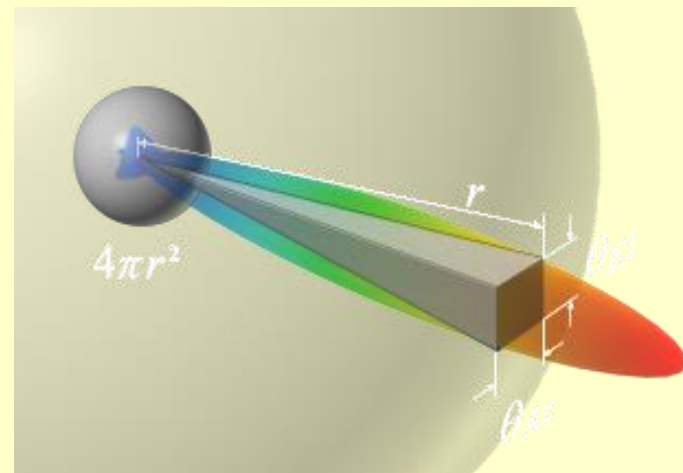
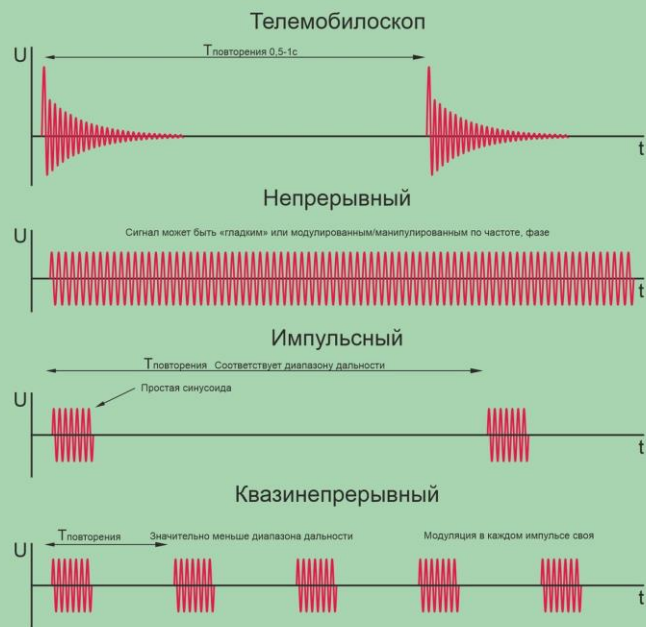


Диаграмма направленности антенны в полярной и декартовой системах координат.



Частота повторения импульсов

Форма зондирующих сигналов разных радаров



Частота повторения импульсов - количество импульсов одной и той же полярности в одну секунду.

$$F_{и} = 1/T_{и} \text{ (Гц), где}$$

$T_{и}$ – период повторения импульсов.

Для однозначного определения целей на заданных расстояниях максимальная частота повторения $F_{и}$ зондирующих импульсов должна удовлетворять условию: $F_{и.max} \leq C/2 * D_{max} * k_3$, где C - скорость распространения радиоволн;

k_3 – коэффициент заполнения, равный 1,15 – 1,25;

D_{max} – максимальная дальность до цели.





Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Период обзора ($T_{обз}$) - время, требуемое для однократного облучения всех точек зоны обзора и обеспечения возможности приема сигналов из этих точек. Для непрерывного наблюдения за целями с увеличением их скорости период обзора должен уменьшаться.

Период обзора пространства зависит от многих факторов, в том числе от ширины диаграммы направленности антенны (ДНА) РЛС (φ_a), сектора обзора ($\Delta\varphi$), числа импульсов n , отраженных от цели за время одного обзора, и максимальной дальности действия. Для РЛС кругового обзора он определяется следующим выражением:

$$T_{обз} = t_{\varphi} \frac{360}{\varphi_a},$$

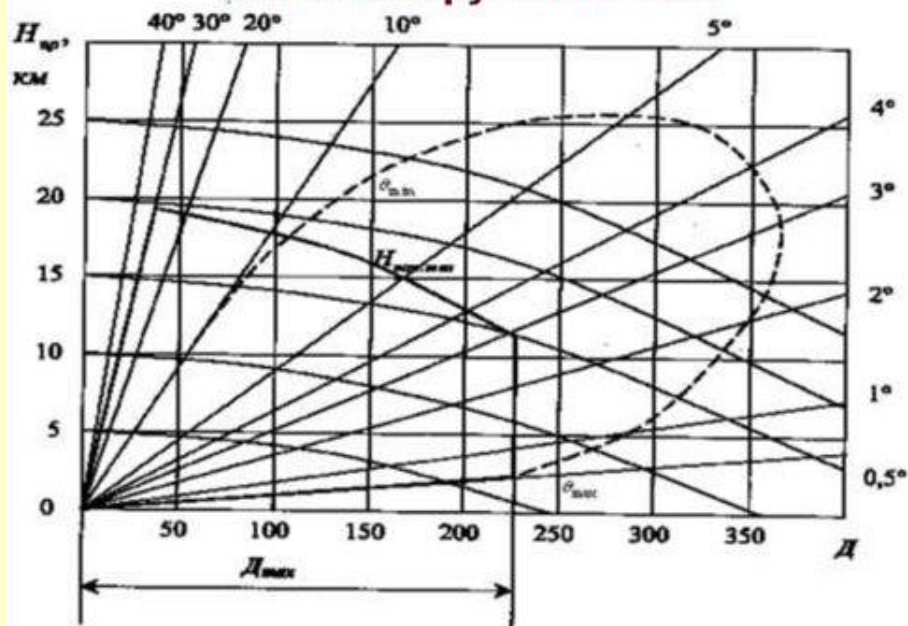
где $t_{\varphi} = nT_n$ - время, необходимое для того, чтобы антенна повернулась на угол, равный ширине ДН антенны; T_n - период повторения импульсов; n - число импульсов в пачке отраженных сигналов.

Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Зоной обнаружения РЛС называют пространство, в пределах которого РЛС обнаруживает цели с определенными отражающими свойствами, с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги.

Зону обнаружения представляют в виде сечений в вертикальной плоскости (Д в) и в горизонтальной (Д г):

Зона обнаружения РЛС



$$D_B = R_{0 \max} F(\varphi, \theta)_{\varphi = \text{const}}$$

$$D_G = R_{0 \max} F(\varphi, \theta)_{H = \text{const}}$$

где $F(\varphi, \theta)$ - нормированная ДН антенны;

φ - азимутальный угол;

θ - угол места;

H - высота расположения цели;

$R_{0 \max}$ - максимальная дальность действия РЛС.

В качестве примера приведено вертикальное сечение зоны обнаружения РЛС кругового обзора, которая строится в координатах «наклонная дальность» - «приведенная высота».

Характеристики зондирующего сигнала: рабочие частоты (длины волн), стабильность, мощность, параметры модуляции и т.д.

В активной радиолокации с пассивным ответом зондирующий сигнал может быть непрерывным (применяется в РЛС с непрерывным излучением) или импульсным (применяется в импульсных РЛС). Непрерывные излучения могут быть немодулированными и модулированными (с применением частотной или шумовой модуляции).

Импульсный зондирующий сигнал может быть простым (смодулированным) или сложным (с частотной модуляцией или фазокодовой манипуляцией). Характеристики зондирующего импульса в значительной степени влияют на дальность обнаружения целей, их разрешающую способность и точность измерения координат, скрытность действия РЛС.

Характеристики передающей и приемной (приемопередающей) антенн: форма диаграммы направленности антенны, ширина ДНА и коэффициент направленного действия.

В импульсных РЛС в большинстве случаев одна приемопередающая антенна применяется для излучения зондирующего сигнала и приема отраженного радиолокационного сигнала. Приемопередающая антенна чаще всего формирует плоский луч с горизонтальной поляризацией электромагнитной волны или *игольчатый* луч с круговой поляризацией.

Эксплуатационные характеристики бортовой РЛС

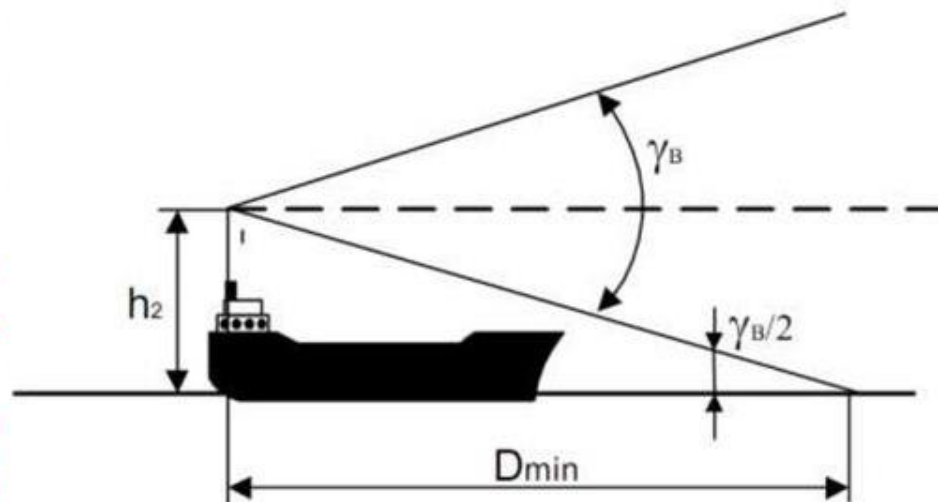
Минимальная дальность обнаружения.

Под этим подразумевается наименьшее расстояние от антенны, ближе которого нельзя обнаружить объекты.

$$D_{\min} = \frac{c \cdot \tau_u}{2},$$

где, τ_u – длительность зондирующего импульса,

Имеется еще понятие «**мертвой зоны**» радиолокатора, которое не следует отождествлять с минимальной дальностью обнаружения. Разница состоит в том, что **дальность обнаружения определяется лишь техническими качествами станции**, в то время как **мертвая зона включает в себя и условия установки антенны на данном судне.**



$$D_{\text{МЗ}} = h_2 \cdot \text{ctg} \frac{\gamma_B}{2}$$



Вопрос 3

Эффективная отражающая поверхность цели

Эффективная отражающая поверхность

ЭОП цели (S_e) - поверхность, которая при равномерном рассеивании энергии по всем направлениям дает такую же интенсивность отраженного сигнала в месте приема, как и реальная цель.



Реально энергия рассеивается в разл. Учет направленности вторичного сложного объекта (ракета, самолет) элементов объекта все время изменяется цели.

Одновременно изменяются фазовые различия элементов.

Поэтому **направленностью** отраж. Цели с большой ЭОП дают большую Величина S_e в зависимости от характеристик цели.

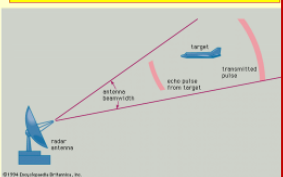
Очевидно, не при любой дальности можно различить на экране

Максимальная дальность действия РЛС

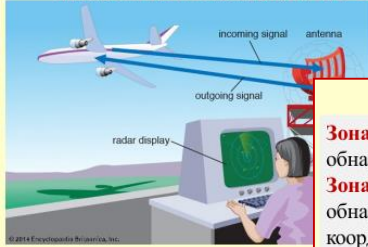
Максимальная дальность действия РЛС - расстояние до цели, при котором мощность отраженного сигнала P_c упадет до значения $P_{c.мин}$.

При большей дальности цели импульс на экране индикатора

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\max} GS \epsilon S_d}{16 \pi^2 P_{c.мин} V_p}}$$



Максимальная дальность действия РЛС

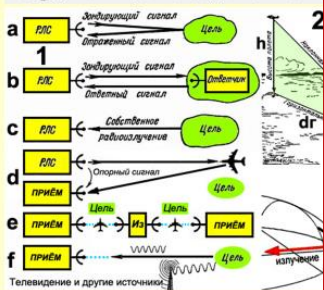


Чтобы увеличить **максимальную дальность** повысить мощность передатчика в 16 раз. Более эффективным способом увеличения - увеличение коэффициента направленности антенны. На **максимальную дальность** действия влияют: - параметры самой станции, - свойства цели. Поэтому, указывая для определенной цели (тип самолета)

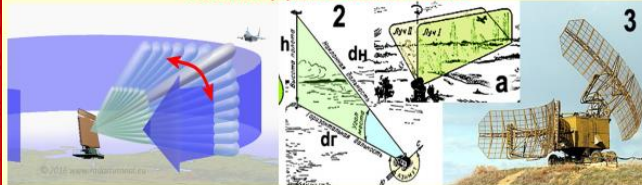
Зоны действия РЛС

Зона видимости - область пространства, на границе которой цель обнаруживается с заданной вероятностью.

Зона обнаружения - пространство обнаруживает цели с заданной вероятностью. Зона видимости - область пространства, на границе которой цель обнаруживается с заданной вероятностью.



Зоны действия РЛС



Граница **зоны видимости** - определяется результирующей диаграммой направленности (ДН) антенны. В РЛС обнаружения и целеуказания ДНА разделяется в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

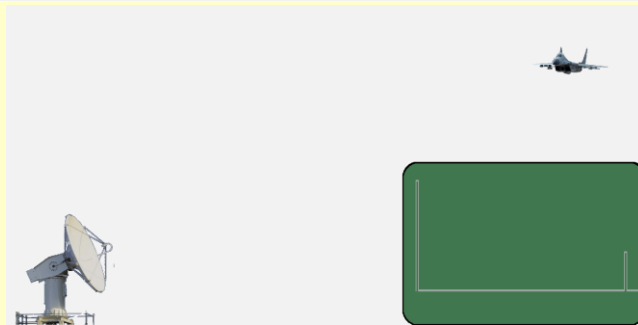
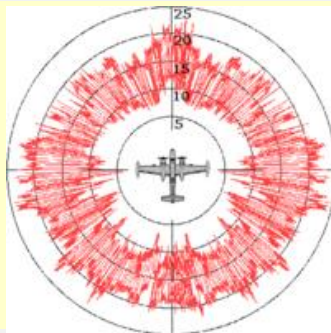
Зоны видимости по этому тоже строятся в этих плоскостях. **Зона видимости** в вертикальной плоскости - берется по максимуму ДН в горизонтальной плоскости.

Зона видимости в горизонтальной плоскости - горизонтальное сечение на определенной высоте зон видимости в вертикальной плоскости.

Зона видимости в горизонтальной плоскости на ровной позиции - **окружность**. **Зона видимости** в горизонтальной плоскости на неровной позиции - определяется из совокупности зон видимости вертикальной плоскости для характерных азимутальных направлений с учетом экранирующего действия местных предметов на заданной высоте.

Эффективная отражающая поверхность

ЭОП цели (Se) - поверхность, которая при равномерном рассеивании энергии по всем направлениям дает такую же **интенсивность отраженного сигнала** в месте приема, как и **реальная цель**.



Реально энергия рассеивается в различных направлениях по-разному.

Учесть направленность вторичного излучения весьма трудно, так как при облучении сложного объекта (ракета, самолет и т.д.) характер отражения сигнала от различных элементов объекта все время изменяется вследствие изменения ориентации и вибрации цели.

Одновременно изменяются фазовые соотношения между сигналами, отраженными от различных элементов.

*Поэтому **направленностью** отраженного сигнала обычно пренебрегают.*

*Цели с большой **ЭОП** дают большую амплитуду отраженного сигнала.*

*Величина **Se** в зависимости от характера воздушной цели колеблется в пределах от единиц до сотен кв. метров.*

Очевидно, не при любой дальности цели мощность отраженного сигнала достаточна для того, чтобы различить на экране индикатора отраженный импульс на фоне шумов.

Максимальная дальность действия РЛС

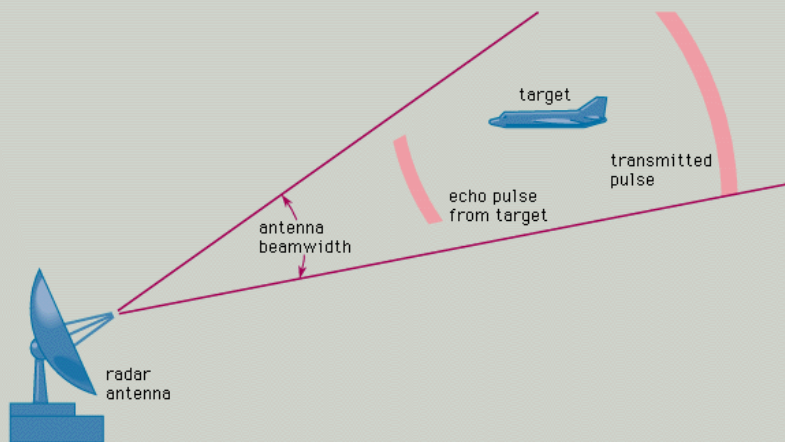
Максимальная дальность действия РЛС - расстояние до цели, при котором мощность отраженного сигнала P_c упадет до значения $P_{c.мин}$.

При большей дальности цели мощность $P_c < P_{c.мин}$, а отраженный импульс на экране индикатора будет не различим в шумах.

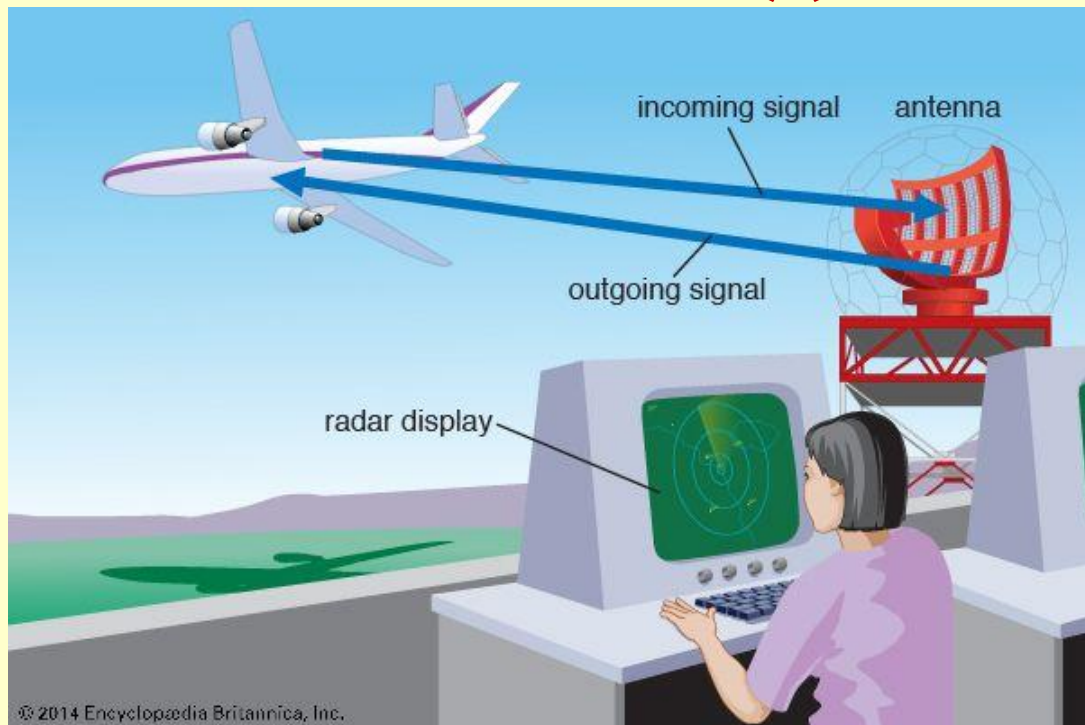
$$D_{макс} = 4 \sqrt{\frac{P_{макс} G S_e S_A}{16 \pi^2 P_{c.мин} V_p}}$$

- максимальная дальность действия радиолокационной станции – **Дмакс**;
- максимальная импульсная мощность **Рмакс**;
- коэффициент направленного действия передающей антенны **G**;
- эффективная площадь приемной антенны **Sa**;
- эффективная отражающая поверхность цели **Se**.

Кроме того, дальность **Дмакс** тем больше, чем выше чувствительность приемника.



Максимальная дальность действия РЛС



Средние значения ЭОП

Тип цели	м2
Истребитель	3÷5
Дальний бомбардировщик	20
Головка ракеты	0,2
Транспортный самолет	50
Человек	0,8

Чтобы увеличить **максимальную дальность** действия в 2 раза, необходимо повысить мощность передатчика в 16 раз.

Более эффективным способом увеличения **дальности** является:

- увеличение коэффициента направленного действия (**КНД**) антенны **G**.

На **максимальную дальность** действия влияют:

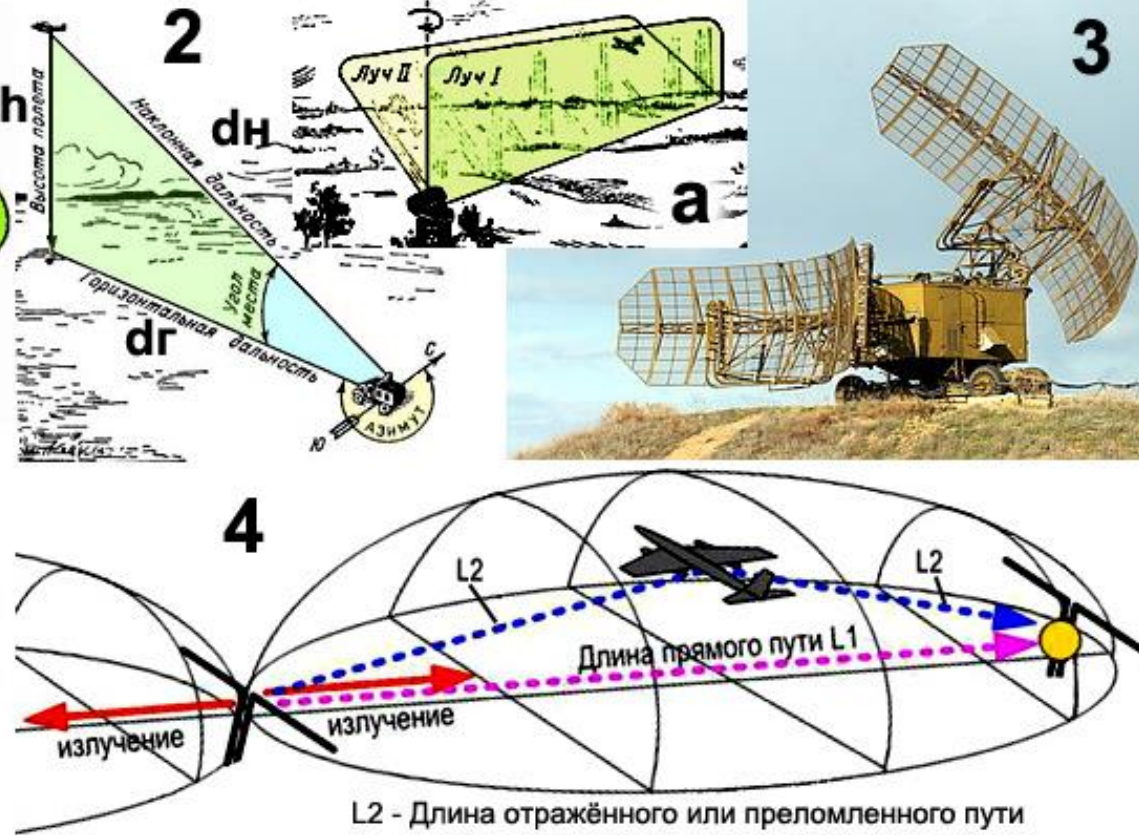
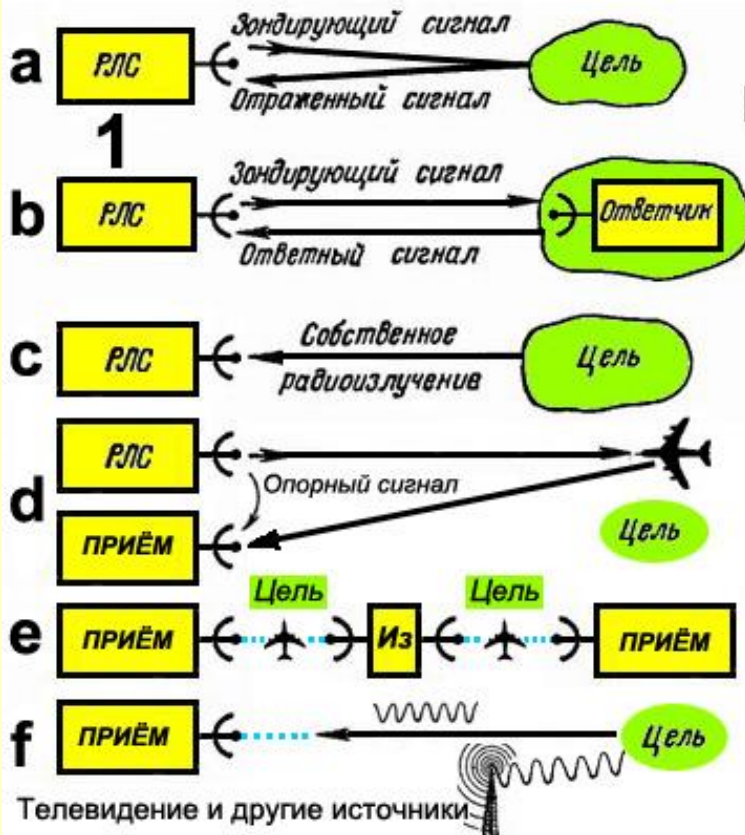
- параметры самой станции,
- свойства цели.

Поэтому, указывая для определенного типа РЛС значение **Дмакс**, оговаривают, для какой именно цели (тип самолета) дается значение **ЭОП**.

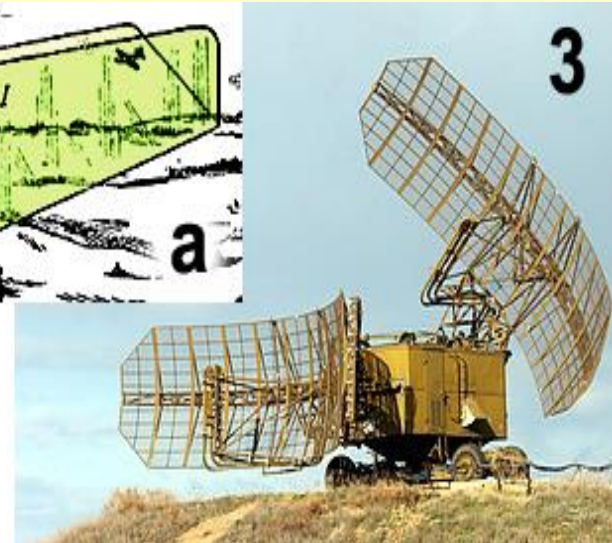
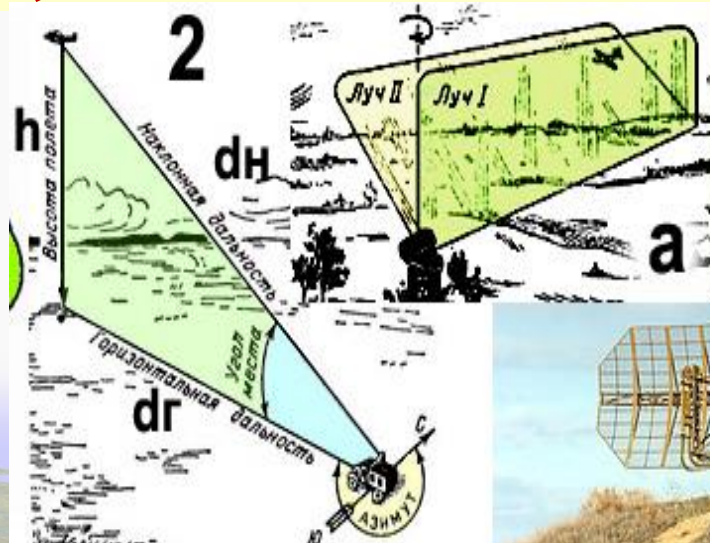
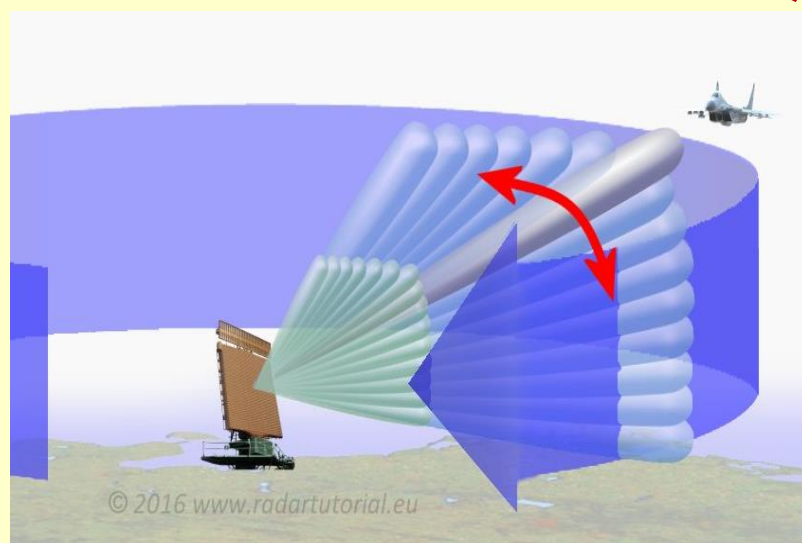
Зоны действия РЛС

Зона видимости - область пространства, на границе которой цель обнаруживается с заданной вероятностью.

Зона обнаружения - пространство, в пределах которого РЛС обнаруживает цели с заданной вероятностью и измеряет координаты цели с заданной точностью.



Зоны действия РЛС



Граница **зоны видимости** - определяется результирующей диаграммой направленности (ДН) антенны. В РЛС обнаружения и целеуказания ДНА разделяются в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Зоны видимости по этому тоже строятся в этих плоскостях.

Зона видимости в вертикальной плоскости - берется по максимуму ДН в горизонтальной плоскости.

Зона видимости в горизонтальной плоскости - горизонтальное сечение на определенной высоте зон видимости в вертикальной плоскости.

Зона видимости в горизонтальной плоскости на ровной позиции - **окружность**.

Зона видимости в горизонтальной плоскости на неровной позиции - определяется из совокупности зон видимости вертикальной плоскости для характерных азимутальных направлений с учетом экранирующего действия местных предметов на заданной высоте.



Задание на самоподготовку:

Изучить материал занятия
по конспекту и учебному пособию.

Вопросы занятия:

1. Импульсный метод радиолокации.
Импульсные РЛС.
2. Основные технические характеристики
импульсного радиолокатора.
3. Эффективная отражающая поверхность
(ЭОП) цели.



Литература:

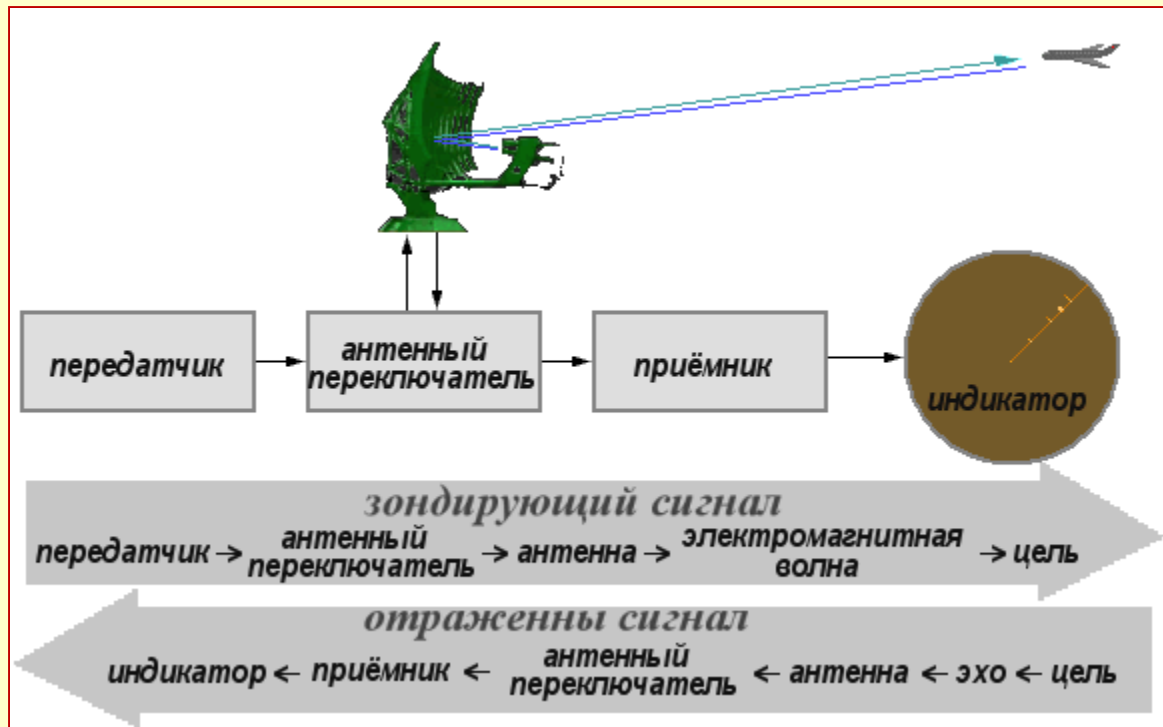
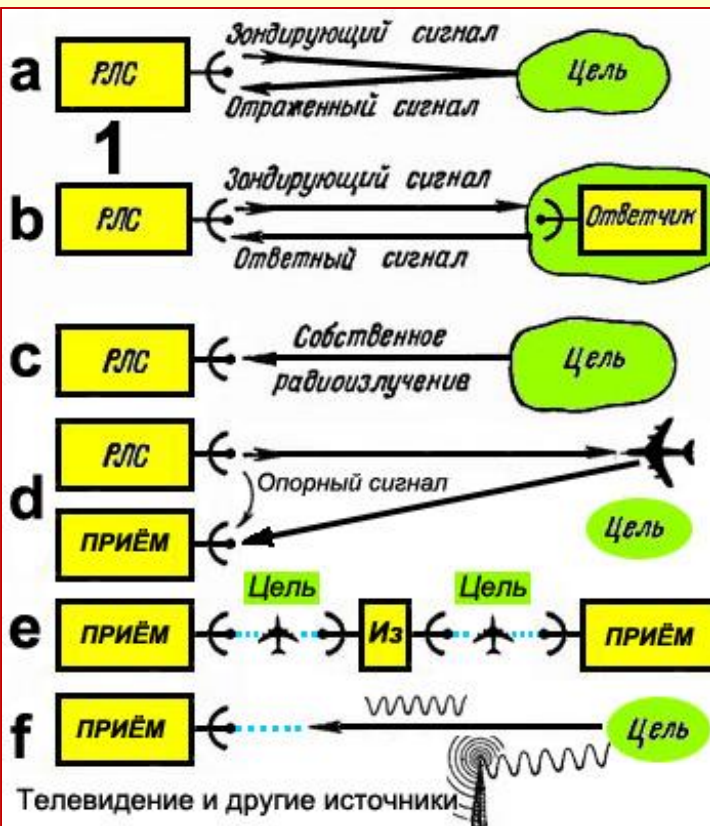
1. Учебное пособие
«Основы построения ЗАК»-2013 г.,
стр.47-54
3. Учебное пособие
«Основы построения РЛС
обнаружения и РЭБ» ТУСУР - 2003 г.,
стр. 11-23.

4




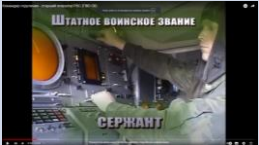

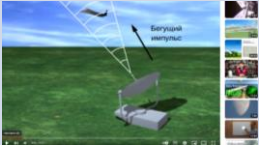
Конец занятия

Контрольные вопросы

1. Сущность и виды радиолокации.
2. Радиоволны. Основные свойства РВ, применяемые в радиолокации.
3. Принцип опознавания воздушных целей.



Дополнительные материалы

№	Название	Ссылка	
1	Су-27: Радиолокационная станция (Часть 1)	https://www.youtube.com/watch?v=OzEy7rtF4Yo	
2	Су 27 Радиолокационная станция Часть 2	https://www.youtube.com/watch?v=wpZ3ZM2heiI	
3	Штука из за которой истребитель Су 35 видит дальше РС управления РЛС Ирбис Э	https://www.youtube.com/watch?v=oVmSSKIGE2g	
4	РЛС РУС-2 «Редут» в Великой Отечественной войне 1941-1945	https://www.youtube.com/watch?v=8DbZssO-1Bo	
5	Командир отделения - старший оператор РЛС (ПВО СВ)	https://www.youtube.com/watch?v=Joc1uhq1Qzs	
6	РЛС	https://www.youtube.com/watch?v=-0J9yNHFZiw	
7	Общие принципы работы радиолокатора	https://www.youtube.com/watch?v=WkmNdvWW0sU	



Занятие №2. Структурная схема радиолокатора.

1. **Вспомогательный учебный центр** на Троицком технологическом радиолокаторе

2. **Дисциплина:** «Устройство и конструкция ЭСД» РАЗДЕЛ 1: «Основы построения ЭСД» Тема №2: Основы радиолокации Задание №2: Структурная схема радиолокатора

3. **Цели занятия:** Изучить: - **интуитивный метод радиолокации, интуитивный РАС;** - **основные технические характеристики интуитивного радиолокатора;** - **основные технические характеристики интуитивного радиолокатора;** - **эффективную отражательную поверхность (ЭОП) яма.** **ВИД ЗАНЯТИЯ:** — групповое.

4. **Актуальность занятия:** **Образование:** - **заблаговременно ввести глубже и точнее знания** по интуитивному методу радиолокации, интуитивным РАС; - **основные технические характеристики интуитивного радиолокатора;** - **эффективную отражательную поверхность (ЭОП) яма.**

5. **Вопросы занятия:** 1. Интуитивный метод радиолокации. Интуитивный РАС. 2. Основные технические характеристики интуитивного радиолокатора. 3. Эффективная отражательная поверхность (ЭОП) яма.

6. **Вопрос 1** Интуитивный метод радиолокации. Интуитивный РАС

7. **История развития интуитивных РАС**

8. **История развития интуитивных РАС**

9. **История развития интуитивных РАС**

10. **Интуитивный метод радиолокации**

11. **Интуитивный метод радиолокации**

12. **Интуитивный метод радиолокации**

13. **Интуитивный РАС**

14. **Первичная система**

15. **Антенно-волноводная система (АВС)**

16. **Приемная система**

17. **Система вычисления сигналов ошибки**

18. **Система управления лучом**

19. **Система измерения дальности (СД)**

20. **Индикатор РАС**

21. **Система формирования**

22. **Вопрос 2** Основные технические характеристики интуитивного радиолокатора

23. **Эффективная отражательная поверхность (ЭОП) яма**

24. **Эффективная отражательная поверхность (ЭОП) яма**

25. **Эффективная отражательная поверхность (ЭОП) яма**

26. **Основные технические характеристики интуитивного РАС**

27. **Диапазоны**

28. **Диапазоны**

29. **Мощность передатчика**

30. **Чувствительность приемника**

31. **Коэффициент ослепления антенны**

32. **Частота повторения импульсов**

33. **Частота повторения импульсов**

34. **Частота повторения импульсов**

35. **Частота повторения импульсов**

36. **Частота повторения импульсов**

37. **Вопрос 3** Эффективная отражательная поверхность яма

38. **Эффективная отражательная поверхность яма**

39. **Максимальная дальность действия РАС**

40. **Максимальная дальность действия РАС**

41. **Зоны работы РАС**

42. **Зоны работы РАС**

43. **Задачи на самостоятельную работу**

44. **Контрольные вопросы**

45. **Дополнительные материалы**

