



УЧЕБНЫЙ ВОЕННЫЙ ЦЕНТР
при ИВАНОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
имени В.И. ЛЕНИНА

ТЕМА №1
ЗАНЯТИЕ №12

ОСНОВЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
АНТЕННЫ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ



г. ИВАНОВО 2017 г.





УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

1. ТИПЫ АНТЕНН, ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ.

2. АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ.

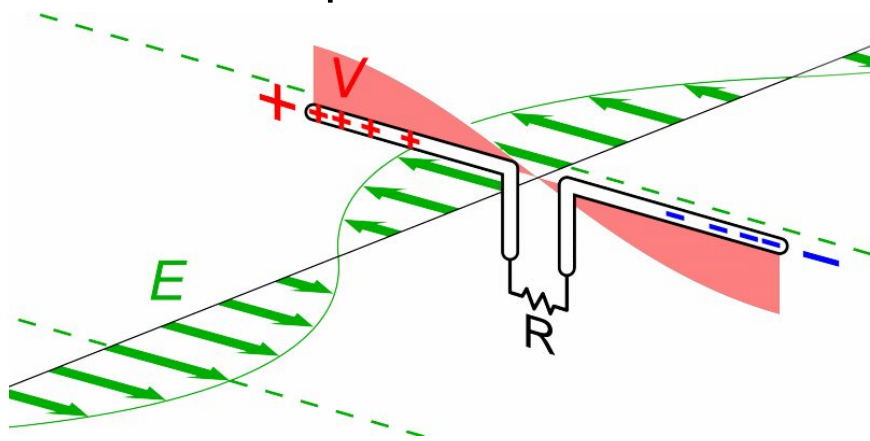


ПРИНЦИП РАБОТЫ АНТЕНН

УСТРОЙСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРИЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН, НАЗЫВАЮТСЯ АНТЕННАМИ.

Передающая антенна под воздействием ВЧ токов и полей, сосредоточенных в выходных цепях передатчика, создает в пространстве электромагнитное поле в виде электромагнитных волн.

Приемная антенна под воздействием поля проходящей электромагнитной волны создает токи, сосредоточенные во входных элементах приемника.



Простейшей антенной является элементарный электрический диполь (полуволновой вибратор), то есть короткий отрезок провода, который на большом в сравнении с собственной длиной расстоянии образует в свободном пространстве поле излучения в виде электромагнитной волны.

Длина волны этих колебаний равна удвоенной длине провода антенны $\lambda = 2L$, т.е. вдоль провода укладывается одна полуволна тока.

Антенну, длина которой $L = \lambda / 2$ – называют полуволновым вибратором.



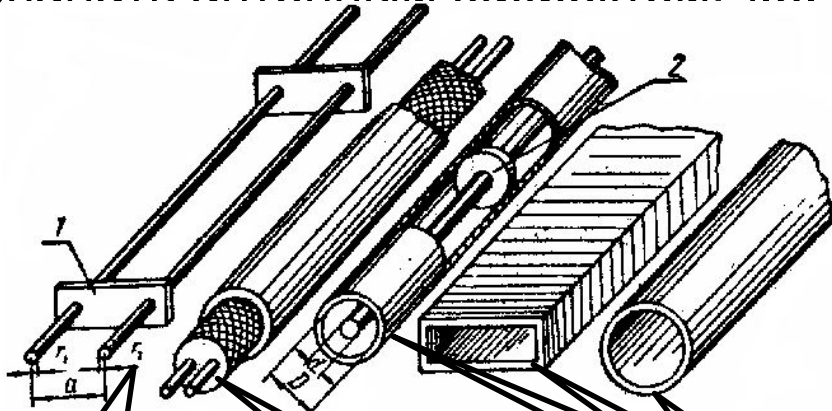
ФИДЕРНАЯ ЛИНИЯ

ФИДЕРНАЯ ЛИНИЯ или **ФИДЕР** – это электрическая цепь (*линия*

передачи) и вспомогательные устройства, с помощью которых электромагнитная энергия сигнала подводится от передатчика к антенне или от антенны к приемнику, при этом, фидерная линия не должна обладать антенным эффектом, т.е. излучать или принимать радиоволны.

ТИПЫ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ

- двухпроводные линии;
- коаксиальные кабели;
- волноводы
- полосковые линии;
- диэлектрики;
- замедляющие системы.



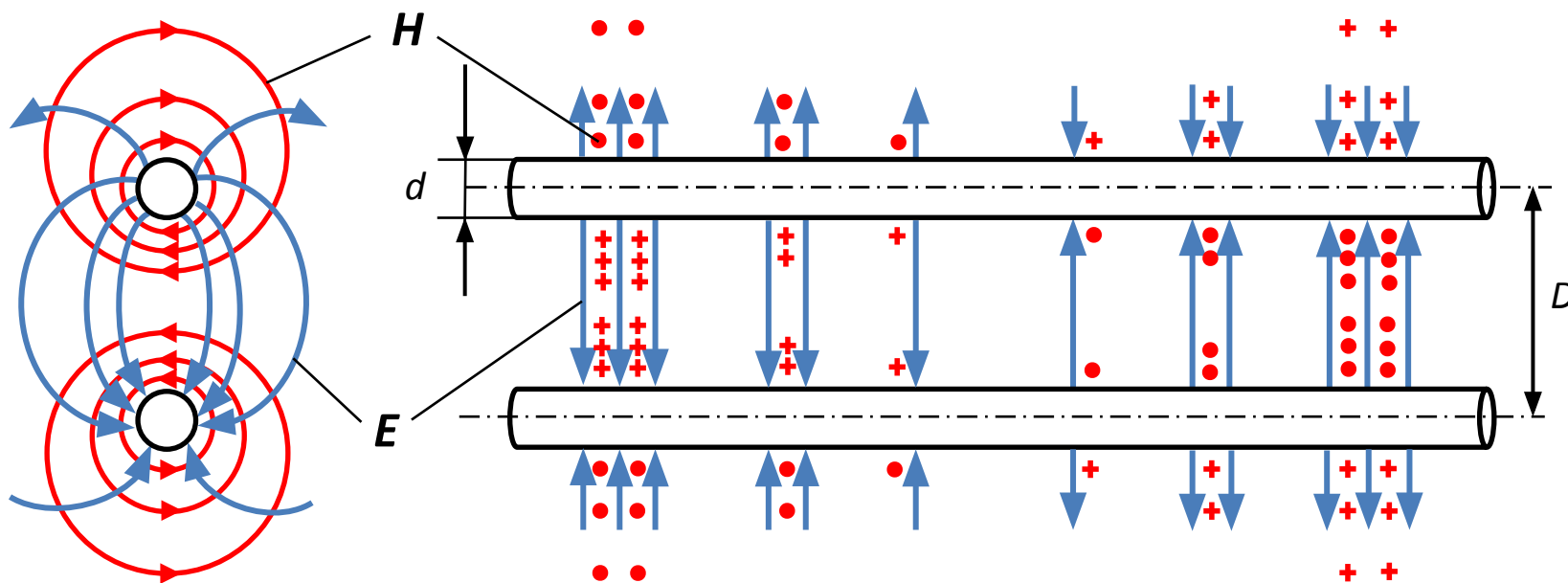
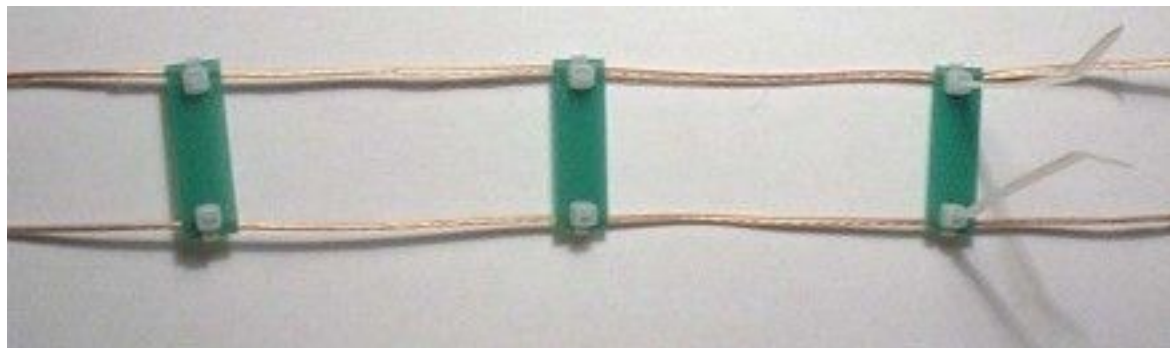
КВ
ПЕРЕДАТЧИКИ

КВ и УКВ
ПРИЁМНИКИ

РАБОТА В
ДИАПАЗОНЕ
СВЧ



ДВУХПРОВОДНАЯ ЛИНИЯ





КОАКСИАЛЬНАЯ ЛИНИЯ



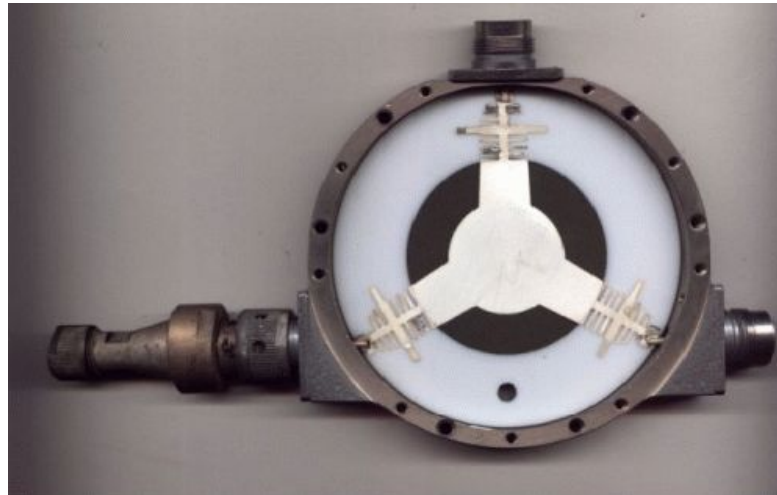
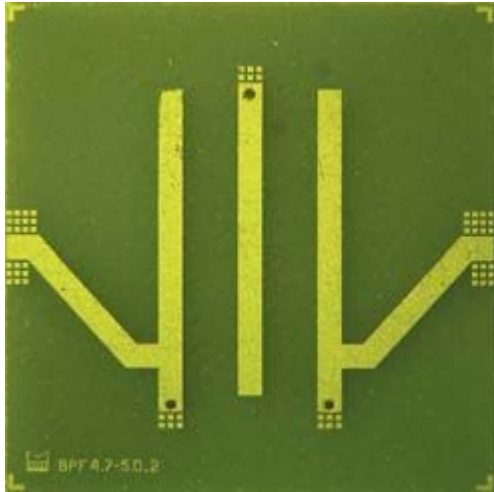


ВОЛНОВОД





ПОЛОСКОВЫЕ ЛИНИИ



ВОЛОКОННО - ОПТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ





ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

1. ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ АНТЕННЫ
2. ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ
3. ШИРИНА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ
4. ТИП ПОЛЯРИЗАЦИИ
5. КОЭФФИЦИЕНТ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ
6. КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ
7. КОЭФФИЦИЕНТ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ
8. ВХОДНОЙ ИМПЕДАНС АНТЕННЫ
9. КОЭФФИЦИЕНТ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ
10. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ
11. ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА АНТЕННЫ



1. ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ АНТЕННЫ



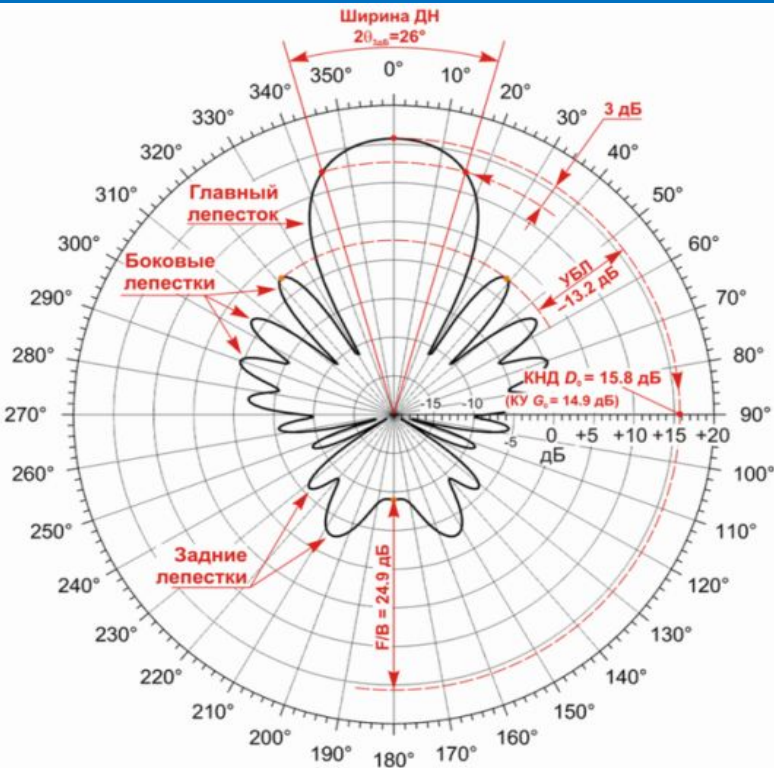
- это область рабочих частот при которых антенна работает эффективно, в пределах которой амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) антенны равномерна. (Неравномерность АЧХ характеризует степень её отклонения от прямой, параллельной оси частот).

Ширина полосы пропускания измеряется в единицах частоты (Гц).

От неравномерности АЧХ антенны сильно зависит качество приёма. У цифрового сигнала неравномерность АЧХ искажает форму принимаемого и передаваемого сигнала.



2. ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ



ДНА – это графически изображение, показывающие зависимость от направления напряжённости электрического поля излученной волны, т.е. способность излучать (принимать) радиоволны в определенных направлениях более эффективно, чем в других.

ДНА - характеризует интенсивность излучения антенной в различных направлениях и выражает зависимость амплитуды напряженности электрической составляющей электромагнитного поля на некотором расстоянии от направления излучения.

Антенна является направленной, если она создает неодинаковую величину напряженности поля излучения в равноудаленных от нее точках пространства.



2. ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ

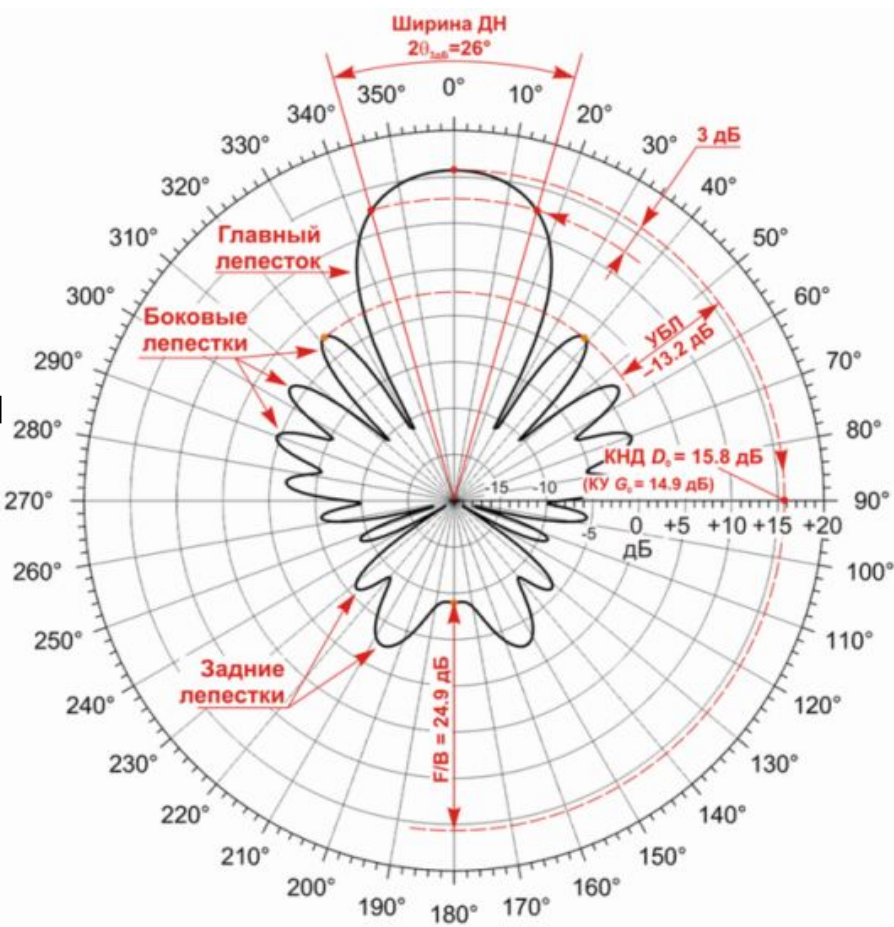
В диаграмме различают -

главный, задний и боковые лепестки.

Главным лепестком диаграммы направленности является тот, в пределах которого излучение антенны максимально.

Лепесток диаграммы направленности, направление которого образует по отношению к направлению главного лепестка угол равный или близкий 180° , называется задним.

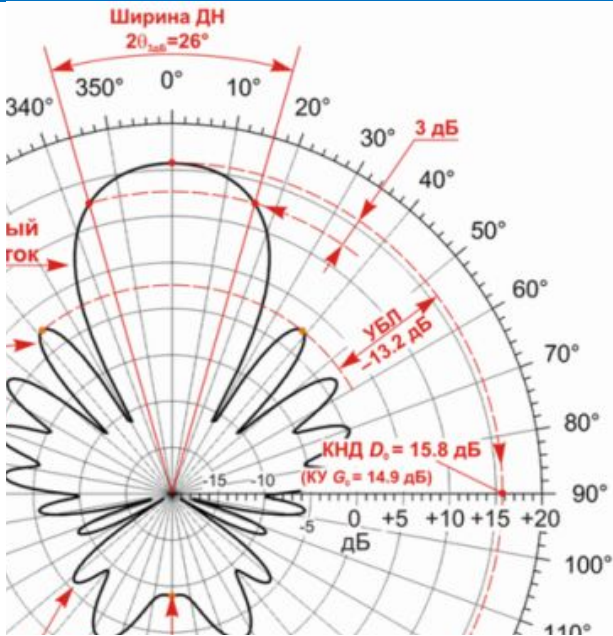
Боковым лепестком диаграммы на направленности является любой лепесток кроме главного и заднего.





3. ШИРИНА ДНА

- это угол между двумя направлениями в пределах главного лепестка, в которых амплитуда напряженности электромагнитного поля составляет уровень 0,707 от максимального значения (или уровень 0,5 от максимального по плотности значения мощности, - 3дБ в логарифмическом масштабе).



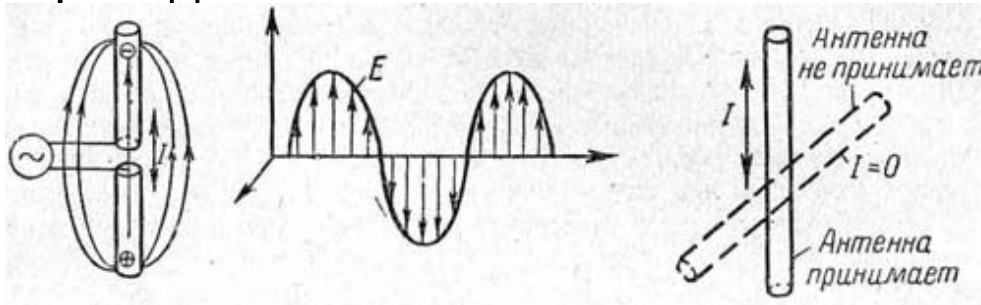
Ширина ДН (главного лепестка) определяет степень концентрации излучаемой электромагнитной энергии.

Уровень боковых лепестков ДН определяет степень побочного излучения антенной электромагнитного поля. Он влияет на скрытность работы радиотехнического устройства и на качество электромагнитной совместимости с ближайшими радиоэлектронными



4. ТИП ПОЛЯРИЗАЦИИ АНТЕННЫ

- определяет вид поляризации излучаемой (принимаемой) электромагнитной волны и определяется расположением и формой проводников антенны.



Передающее и принимающее устройства должны работать с одинаковой поляризацией, в противном случае связи может не быть вовсе или она будет очень низкого качества. Антенны горизонтальной поляризации дают больший эффект, т.к. природные и промышленные помехи, имеют в основном вертикальную

Горизонтально поляризованные волны отражаются от препятствий

менее интенсивно, чем вертикально.

При распространении вертикально поляризованных волн, земная



5. КОЭФФИЦИЕНТ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

КНД - характеризует способность антенны концентрировать излученную мощность в определенном направлении.

КНД определяют по формуле:

$$D = E_0^2 / E_{\text{ср}}^2$$

Если антенна работает на прием, то КНД показывает, во сколько раз улучшится отношение сигнал/шум по мощности, при замене направленной антенны ненаправленной, если помехи приходят равномерно со всех направлений.

Для передающей антенны КНД показывает, во сколько раз нужно уменьшить мощность излучения, если ненаправленную антенну заменить направленной, при сохранении одинаковых напряженностей поля в главном направлении.

КНД не учитывает потери, так как определяется по излучаемой мощности.

Чем уже главный лепесток (ДН) и меньше уровень боковых



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

6. **КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ** (КУ) - это отношение квадрата напряженности поля, созданного антенной в главном направлении (E_0^2), к среднему значению квадрата напряженности поля ($E_{\text{оср}}^2$), созданного эталонной антенной, при равенстве подводимых к антеннам мощностей. КУ показывает, во сколько раз необходимо уменьшить мощность, подводимую к направленной антенне, по сравнению с эталонной, чтобы напряженность поля в главном направлении осталась неизменной.

$$G = E_0^2 / E_{\text{оср}}^2$$

7. **КОЭФФИЦИЕНТ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ** (КЗД) – это отношение напряженности поля, излученного антенной в главном направлении к напряженности поля, излученного в противоположном направлении. КЗД определяет помехозащищенность антенны.

В реальных условиях приема стремятся для увеличения КЗД так ориентировать антенну, чтобы мешающая станция попадала в минимум диаграммы направленности антенны.

При конструировании антенн уровень боковых и задних лепестков стремятся свести к минимуму, чтобы улучшить помехозащищенность антенн.



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

8. **ВХОДНОЙ ИМПЕДАНС АНТЕННЫ** или **входное сопротивление антенны** – это полное электрическое сопротивление цепи, измеренное на входных зажимах антенны и в общем случае содержит активную и реактивную составляющие, которые сложным образом зависят от частоты. Входной импеданс характеризует антенну как нагрузку для передающего устройства или фидера. $Z_A = R_A + X_A$.

Для повышения КПД антенны необходимо стремиться к согласованию входного импеданса антенны с внутренним сопротивлением источника (с волновым сопротивлением линии передачи), а также к уменьшению потерь в антенне.

9. **КОЭФФИЦИЕНТ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ** (КСВ) в линии передачи – это степень согласования антенны с фидером, а также согласование выхода передатчика и фидера, он показывает качество передачи энергии от передатчика в антенну и обратно.

КСВ – это отношение мощности, которая идёт по кабелю до антенны и мощности, которая возвращается по кабелю, отражаясь от антенны в связи с тем, что её сопротивление не равно сопротивлению кабеля. Чем меньше КСВ тем лучше согласован передатчик с фидером и антенной. КСВ не может быть меньше 1.



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

0. **КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ** (КПД) - это отношение

мощности излучаемой антенной к мощности, подведенной к ней. Так как существуют потери в выходном каскаде передатчика, в фидере и самой антенне, то КПД антенны всегда меньше 1.

$$\eta_A = P_{\text{изл}} / P_{\text{прд}}$$

1. **ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА АНТЕННЫ** – это мощность шумов на сопротивлении нагрузки приемной антенны в заданной полосе частот, в отсутствии полезного сигнала. Измеряется по абсолютной шкале в градусах Кельвина.

Шумовая температура антенны не имеет никакого отношения к физической температуре антенны.

Полная шумовая температура антенны складывается из шумовой температуры, определяемой внешними шумами (помехами), и собственной шумовой температуры антенны, определяемой тепловыми потерями в материале конструкции антенны.



КЛАССИФИКАЦИЯ АНТЕНН

по назначению: а) *передающие, приемные, приемно-передающие*
б) *для радиосвязи*, радиорелейной и тропосферной связи

по диапазону использования: длинноволновые, *коротковолновые*,
ультра коротковолновые, дециметровые, сантиметровые...

по диапазонным свойствам: узкополосные, широкополосные,
частотно независимые

по принципу действия и построения:

- **проволочные** (линейные) - выполняются из тонких, по сравнению с их длиной и длиной волны, проводников: **симметричные и несимметричные**, вибраторные, рамочные, спиральные, ромбические и однопроводные. Применяются на МВ и КВ.

- **дифракционные:** щелевые, полосковые, волноводно-рупорные, линзовые, зеркальные, стержневые, плоскостные, а также комбинированные (сочетание нескольких типов излучателей, например рупорно-зеркальные). Применяются на ДМВ и СМВ.

по свойствам направленности:

- направленные
- ненаправленные: кругового (равномерного) излучения вдоль земли, зенитного излучения, комбинированного излучения (в зенит и вдоль земли)

по способу использования:

- стационарные, полевые, бортовые.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

В военных радиостанциях применяются следующие основные виды

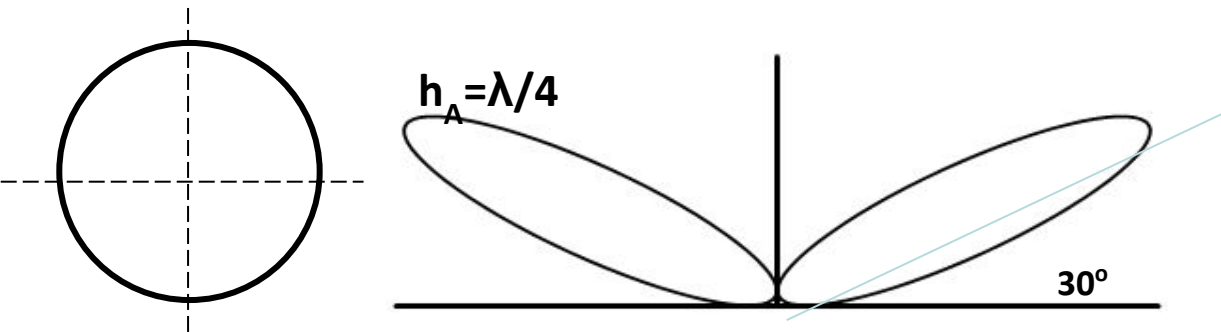
антенн:

- несимметричный вертикальный вибратор - штырь;
- наклонный несимметричный вибратор - антенна “наклонный луч”;
- однопроводная антенна бегущей волны – АБВ;
- антенна зенитного излучения – АЗИ;
- комбинированные и широкодиапазонные антенны.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Штыревая антенна (АШ) представляет собой **несимметричный вертикальный вибратор** и является антенной поверхностного луча, излучающей электромагнитную энергию равномерно во все стороны вдоль земной поверхности, но не излучающей в зенит.



Диапазон частот:
1,5-108 МГц
Дальность радиосвязи:
до 70 км

Диаграмма направленности штыревой антенны представляет собой правильную окружность (в горизонтальной плоскости) и лепесток (в вертикальной плоскости), при этом лепесток направлен под некоторым углом к земной поверхности, зависящим от свойств почвы и длины антенны. Наиболее эффективной является антенна с размерами от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ длины волны (четвертьволновой и полуволновой вибраторы). Удлинение антенны до $\frac{3}{4} \lambda$ прижимает лепесток к земле, дальнейшее удлинение, наоборот, направляет основное излучение вверх. Таким образом, применять антенну свыше $\frac{3}{4} \lambda$ не имеет смысла, так как это не ведет к улучшению излучения вдоль земли.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

АШ-1,5 (антенна Куликова) - складная гибкая штыревая антенна длиной 1,5 м, предназначенная для использования с носимыми и возимыми средствами радиосвязи. Названа по фамилии изобретателя, Сергея Алексеевича Куликова. Антенна представляет собой набор втулок, нанизанных на стальной тросик. Верхний конец тросика закреплен в наконечнике антенны, нижний соединен с натяжным механизмом. При натянутом тросике конструкция образует прочный и гибкий электрически единый стержень, способный выдерживать достаточно большие поперечные нагрузки. Антенна крепится непосредственно к радиоаппаратуре или к бортовому кронштейну транспортного средства. Она является основной у многих войсковых носимых КВ и УКВ радиостанций малой мощности типа Р-105М, Р-107М, Р-159, Р-168-5УН. Дальность связи до 10 км.

АШ-2,7 (комбинированная) состоит из АШ-1,5 и основания из шести 20см секций (дюралевых трубок). Применяется в тех же радиостанциях для увеличения дальности связи до 12-15 км.

АШ-1,5 и АШ-2,7 для увеличения дальности связи до 60-70км могут устанавливаться на полутелескопических или телескопических мачтах высотой 11-18м.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

АШ-4 (танковая) предназначена для связи земной волной как на стоянке, так и при движении. Конструктивно состоит из 4-х дюралевых или стальных трубок различного диаметра, соединяемых между собой с помощью специальных замковых сочленений и укрепленных на специальном кронштейне. Имеется на всех бронеобъектах, на радиостанциях средней мощности, командно-штабных машинах. Обеспечивает дальность связи до 30 км.

Антенны оборудуются механизмами подъема (МПА), которые предназначены для изменения положения штыревых антенн. Они представляют собой электромеханические устройства, с помощью которых антенны могут быть установлены в наклонное, вертикальное или транспортное положение.



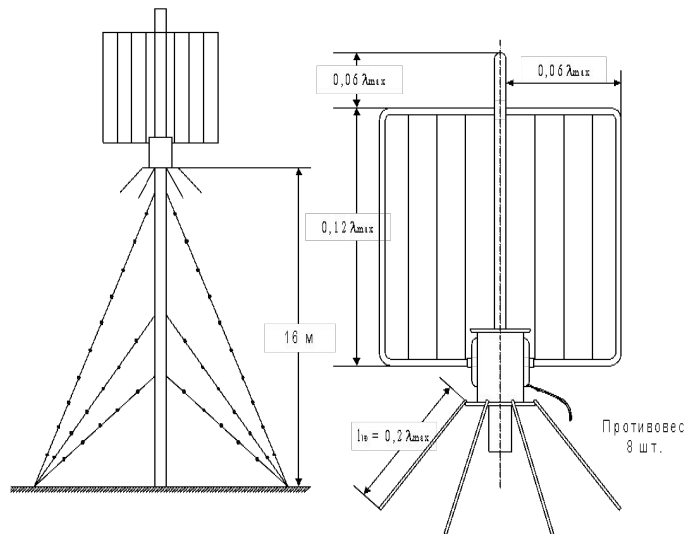


АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Широкодиапазонная антенна (ШДА)

предназначена для обеспечения радиосвязи земной волной в диапазоне частот 30...60,0 МГц на дальности до 80 км. Антенна имеет круговое излучение с вертикальной поляризацией в горизонтальной плоскости. Исполняется в двух вариантах: в виде объемного или плоского несимметричного вертикального вибратора.

Антенна устанавливается на вершине телескопической мачты и подключается к ВЧ разьему коаксиальным кабелем РК-75.





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Для повышения дальности связи, при использовании станции на стоянке, используются более сложные проволочные антенны - это однопроводная **антенна бегущей волны** (АБВ) и **λ-образная антенна**.

Однопроводная **антенна бегущей волны** представляет собой изолированный медный проводник длиной $(5...7)\lambda$, подвешенный с помощью стоек на небольшой высоте параллельно поверхности земли. С одной стороны антенна подключается к радиостанции, а с другой – нагружается на резистор ($300\div 500$ Ом), который заземляется с помощью противовеса..

Для повышения эффективности АБВ ближнюю к радиостанции часть провода поднимают на опору, тогда антенна становится λ-образной.

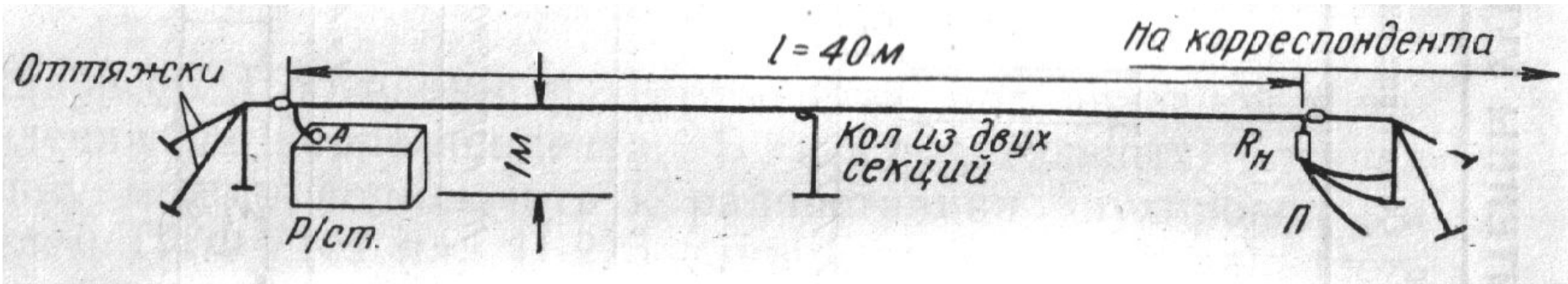
λ-образная антенна представляет собой однопроводную антенну бегущей волны, ближняя к радиостанции часть провода которой поднята над землей на высоту $0,62\lambda$, что для средней волны диапазона всех УКВ радиостанций составляет 5...6 м.

На влажных почвах более эффективной является штыревая антенна,

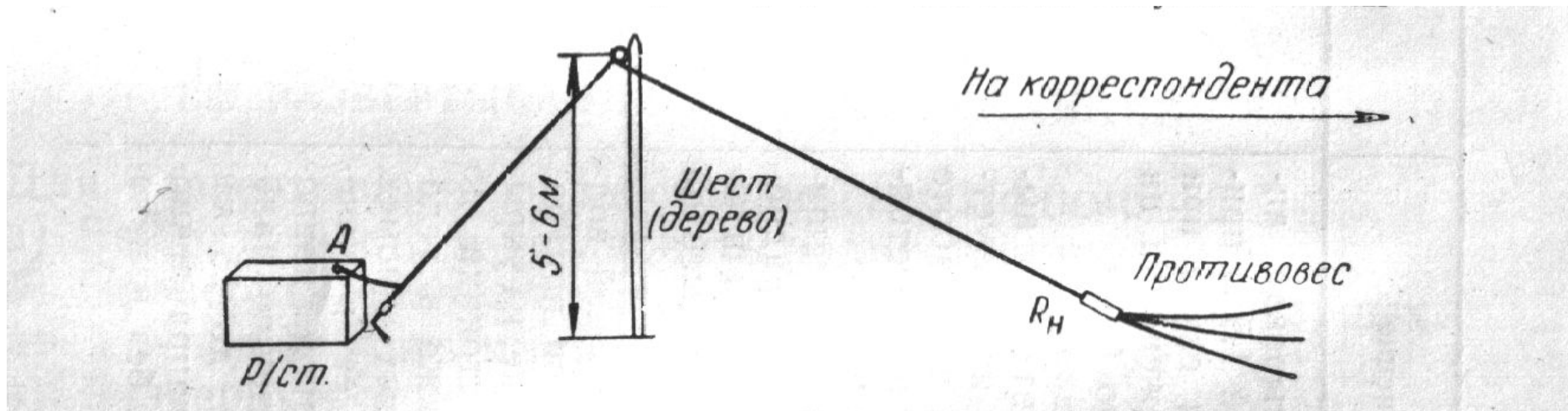


АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Общий вид антенны бегущей волны



Общий вид λ -образной антенны

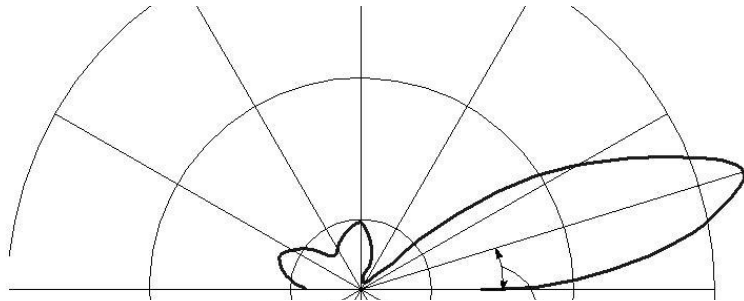




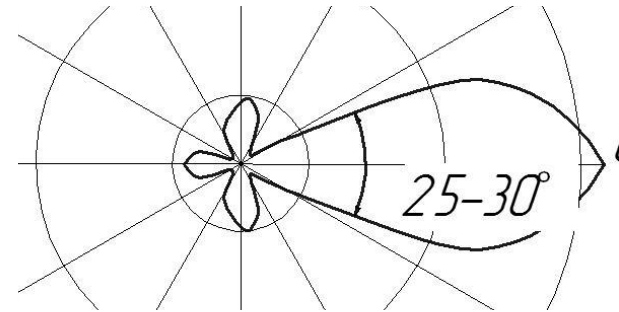
АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

в ВП

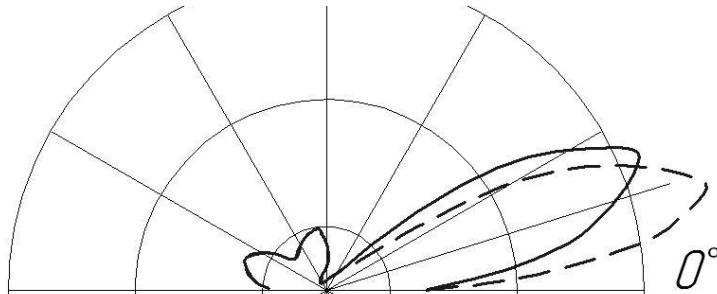


в ГП

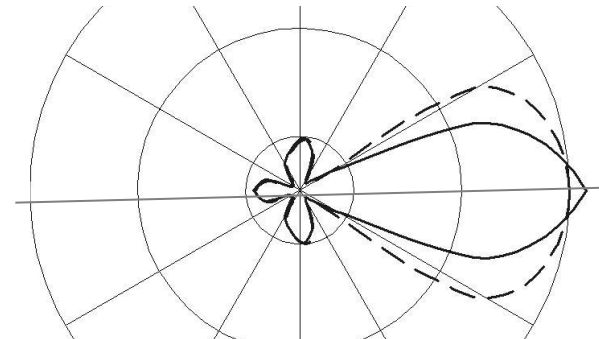


ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ λ - ОБРАЗНОЙ АНТЕННЫ

в ВП



в ГП





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

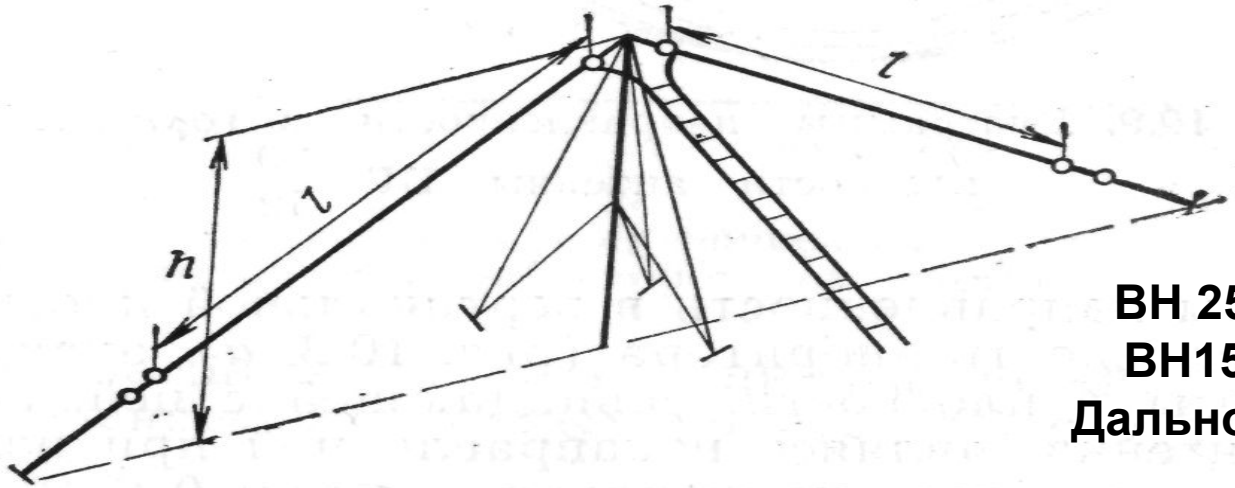
Антенна наклонный симметричный вибратор (наклонный диполь)

предназначена для связи ионосферными волнами при работе радиостанции на стоянке и представляет собой два наклонных вибратора (плеча) средней длиной каждого $L=1/2\lambda$. Каждое плечо антенны выполнено из двух отрезков гибкого многожильного провода, которые можно соединять перемычками. Такая конструкция позволяет в низкочастотной части диапазона (1,5...6 МГц) использовать вибратор с полной длиной плеча, а в высокочастотной части (6...12МГц) - с укороченной. Антенна развешивается на мачте с высотой подвеса 9-12м и соединяется с согласующим устройством радиостанции с помощью двухпроводного фидера длиной 15м. Антенна является слабонаправленной с преимущественным излучением в направлении, перпендикулярном плоскости диполя. Поэтому для обеспечения радиосвязи на дальности до 300 км антенна может быть ориентирована произвольно, а на дальностях свыше 300 км – продольной осью полотна перпендикулярно направлению на корреспондента. Для радиостанций средней мощности применяется антенна ВН 40/12 (ВН 13/9), обеспечивающая дальность связи до 800 км; для радиостанций КШМ – антенна ВН 25/11 (ВН 15/11) с дальностью связи до 350км.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

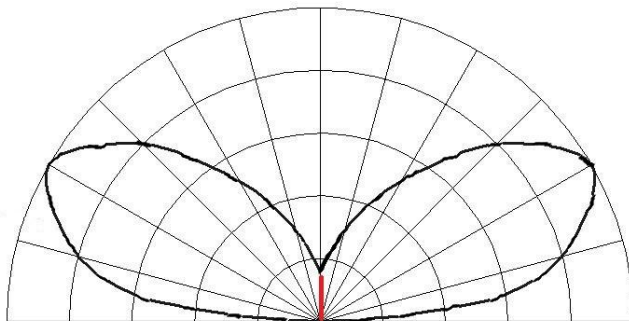
**Симметричный наклонный вибратор (ВН 25/11)
Наклонный диполь (Д2х25)**



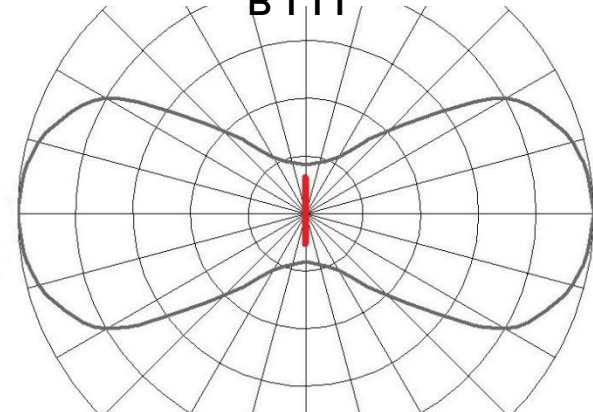
**Диапазон частот
ВН 25/11 (Д2х25) - 1,5- 6 МГц
ВН15/11 (Д2х15) - 6 - 12 МГц
Дальность радиосвязи до 350 км**

ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ СИММЕТРИЧНЫЙ ВИБРАТОР

в ВП



в ГП





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

V- образная антенна (V 46/12) предназначена для обеспечения радиосвязи на стоянке ионосферной волной в диапазоне 10...30 МГц на дальности свыше 800 км.

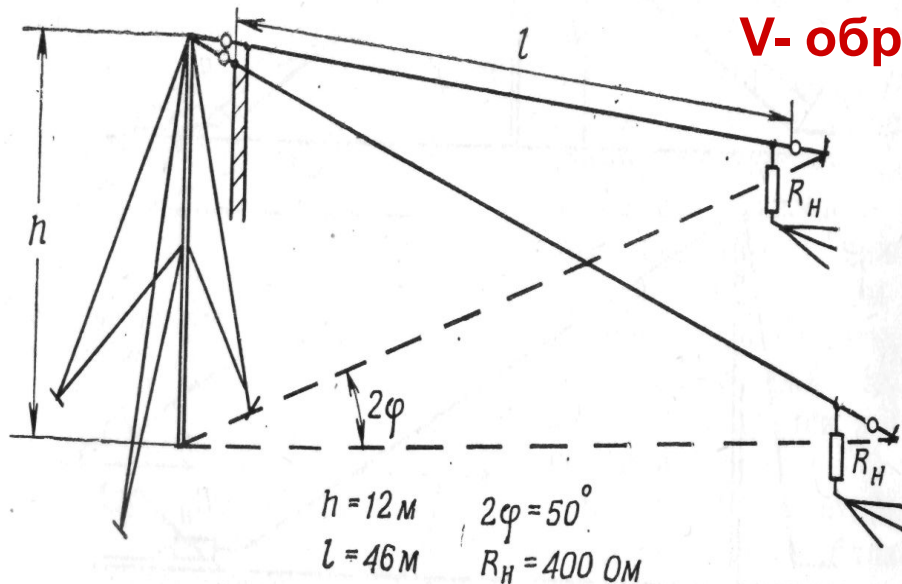
Конструктивно антенна выполнена в виде двух лучей медного многожильного провода длиной по 46 м. Верхние концы лучей крепятся на высоте 12 м телескопической мачты. Нижние концы лучей разносятся на расстояние 37 м друг от друга так, чтобы угол между проекциями лучей на землю составил 50°. С целью обеспечения режима бегущей волны концы лучей нагружаются на активное сопротивление ($R = 400 \text{ Ом}$) и противовесы.

Антенна обладает направленностью как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях с максимумом излучения в плоскости биссектрисы угла между лучами. В средней части рабочего диапазона ширина главного лепестка диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости составляет 30...35°, а в горизонтальной – 25...30°.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

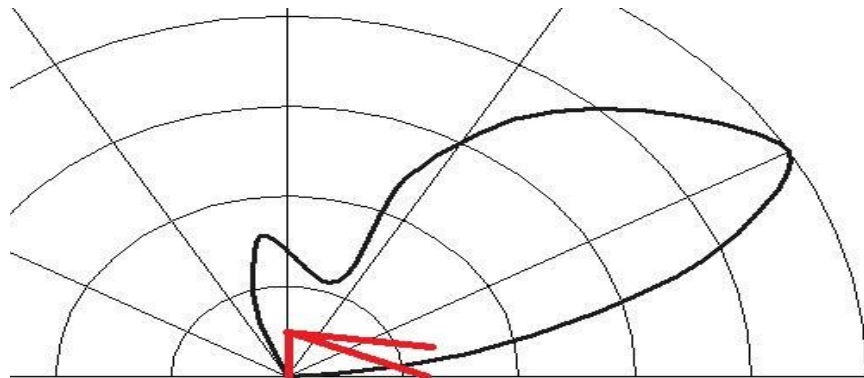
V-образная антенна (V2x46 м)



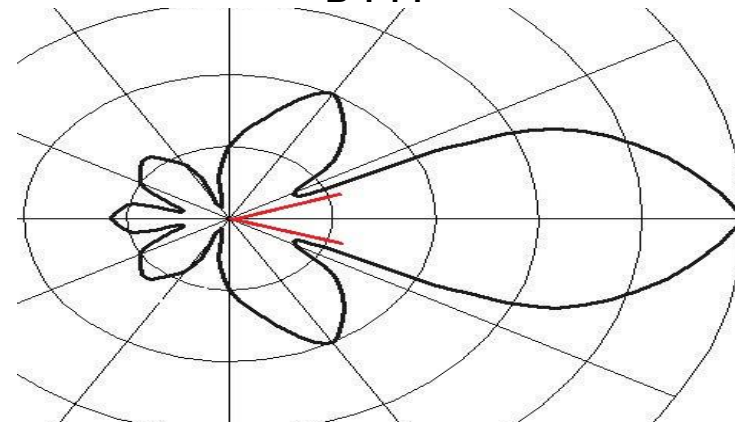
Диапазон частот 10-30 МГц
Дальность радиосвязи до 2000 км

ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ V-ОБРАЗНОЙ АНТЕННЫ

в ВП



в ГП





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Антенна зенитного излучения (АЗИ) предназначена для связи ионосферной и земной волной КВ радиостанций на коротких остановках и в движении. Антенна устанавливается и разворачивается на крыше объектов.

На радиостанциях средней мощности применяются двухштыревые антенны зенитного излучения. При работе их ориентируют передней частью автомобиля (БТР) на корреспондента. Антенна зенитного излучения обеспечивает дальность связи до 350км.

Дискоконусная антенна - это широкополосная антенна, вертикальной поляризации, дециметровых и метровых волн, с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости и в виде восьмерки в вертикальной плоскости.

Дискоконусная антенна представляет собой диск (излучающий элемент) и конус (противовес излучающему элементу). Главное преимущество дискоконусной антенны заключается в большой ширине полосы частот.



АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ





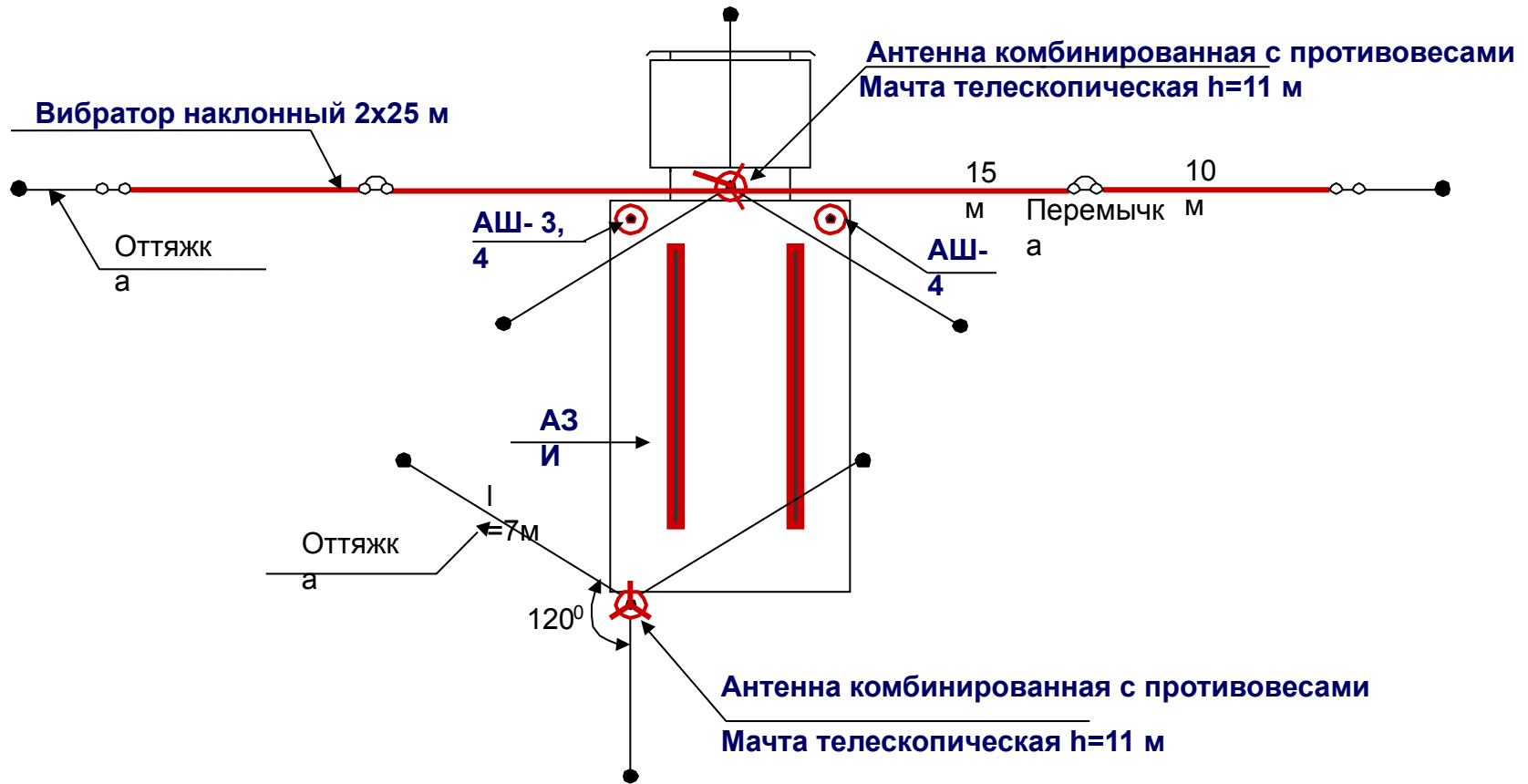
АНТЕННЫ РАДИОСТАНЦИЙ





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Антенное поле КШМ Р-142Н





АНТЕННЫ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

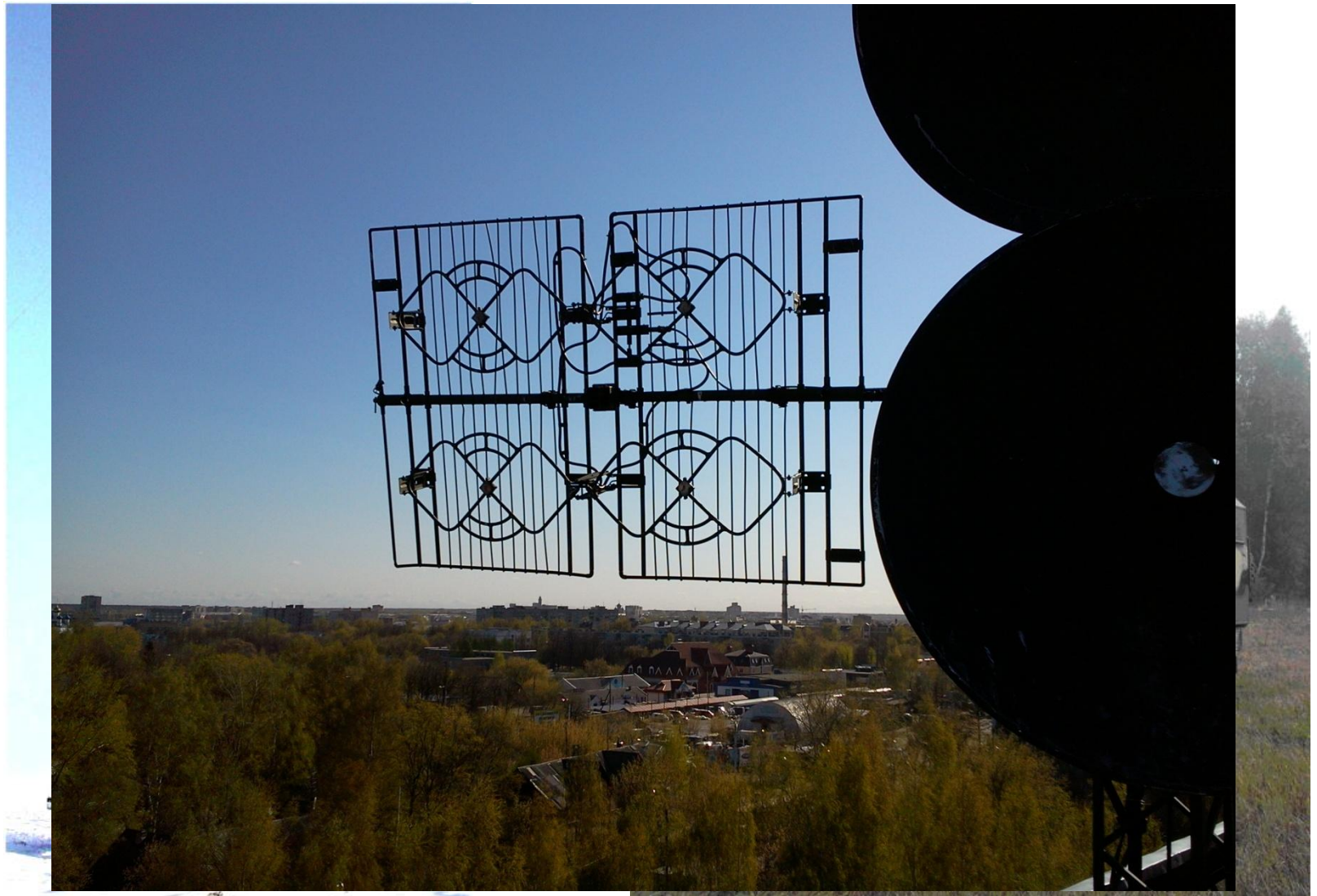
На радиорелейных и тропосферных станциях, станциях

спутниковой связи применяются следующие типы антенн и систем:

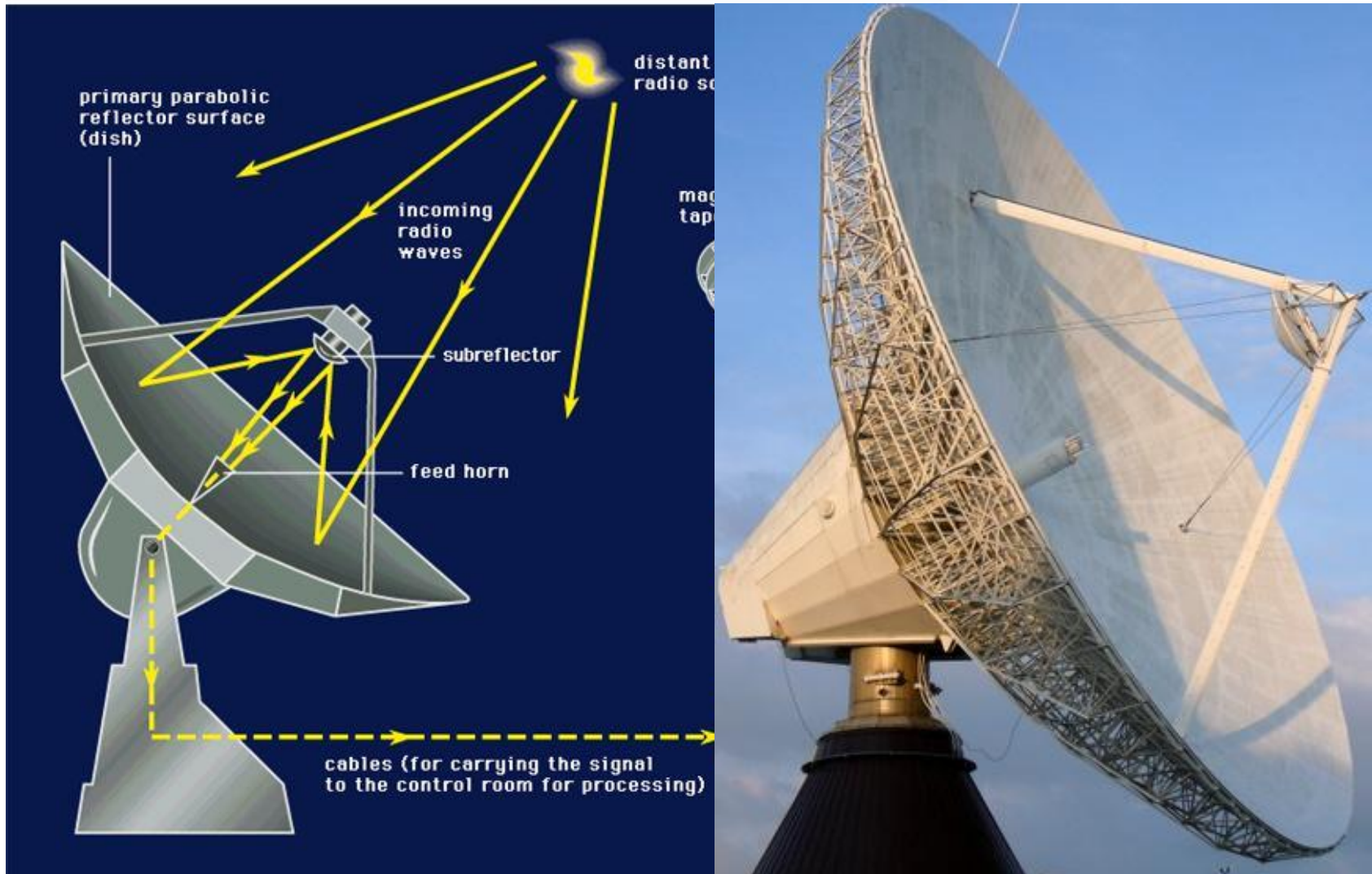
- логарифмически-периодические антенны;
- Z-образные антенны;
- рефлекторные параболические антенны;
- рупорные антенны.

Логарифмически периодическая антенна (ЛПА)





Двухзеркальная параболическая антенна



Перископические антенные системы (ПАС)

