Сибирский федеральный университет

ЛЕКЦИЯ

по дисциплине **«ВОЕННО -ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА»**

Тема №1.ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОЛОКАЦИИ.

Занятие №4. Структура и принципы функционирования подсистемы активной локации.

УЧЕБНЫЕ ЦЕЛИ:

1.Ознакомить студентов с основными положениями принципов создания поля активной радиолокации и принципов соответствия параметров РЛ поля возможностям средств воздушного нападения противника.

2.Изучить принципы обработки РЛ информации.

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ :

1.Принципы создания поля активной

2.Принципы обработки радиолокационной информации.

ЛИТЕРАТУРА :

1.Теоретические основы радиолокации. Ширман Я.Д. Издательство «Советское радио». Москва 1970 г.

2.Основы построения РЛС РТВ. Бондаренко Б.Ф. Киев ВИРТУ ПВО. 1988 г.

3.Основы построения радиолокационного вооружения радиотехнических войск. Литвинов В.В. Харьков ВИРТА ПВО, 1986 г.

4.Теоретические основы радиолокационных систем РТВ: Учебн. пособие / М.И. Ботов, В.А. Вяхирев. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2007 г.

Вопрос 1.Принципы создания поля активной локации.

Подсистема активной радиолокации, наряду с подсистемами пассивной радиолокации и САЗО, является составной частью радиолокационной системы РТВ. Данная подсистема является основным источником радиолокационной информации о воздушной обстановке. Основными элементами подсистемы активной радиолокации являются РЛС, создающие зоны обнаружения. Совокупность зон обнаружения включенных РЛС составляют РЛП активной локации.

Радиолокационное поле активной локации (РЛП), формируемое РЛС радиотехнических подразделений, представляет материальную основу, обеспечивающую решение РТВ задач радиолокационной разведки, выдачи разведывательной и боевой информации. Сплошное РЛП оценивается внешней границей (максимальной дальностью обнаружения - $Д_{max}$

на заданной высоте, высотой нижней- H_{min} и верхней- H_{max} кромок поля,

кратностью (коэффициентом) перекрытия- $n_{П}$

При построении группировки РТВ учитывают следующие принципы создания РЛП:

1. Принципы соответствия параметров РЛП возможностям СВН противника.
2. Принцип системности построения РЛП.
3. Принцип количественной и качественной достаточности.
4. Принцип соответствия РЛП критерию эффективность-стоимость.

Принцип соответствия параметров радиолокационного поля возможностям средств воздушного нападения противника

Реализация данного принципа предполагает создание сплошного радиолокационного поля в соответствие с требуемыми значениями внешней границы на определенных высотах H_{min} и H_{max}

а также в соответствие с требуемой кратностью перекрытия. Требуемая внешняя граница РЛП определяется положением рубежей начала выдачи РЛИ для ЗРВ и ИА. Расстояние до требуемого рубежа начала выдачи - $Д_{РЛИ}$

отсчитывается от позиций огневых средств (зенитно-ракетных дивизионов – зрдн и аэродромов ИА) первой линии в сторону противника и определяется с учетом времени запаздывания РЛИ - $t_{зап}$

боевой готовности к выполнению боевых задач зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) и истребителей - перехватчиков.

. Для информационного обеспечения ЗРВ:

$$Д_{РЛИ} = Д_{зп} + V_Ц\left(t_{зап} + t_{бг} + t_{вз}\right)$$

а для ИА:

$$Д_{РЛИ} = Д_{рвб} + V_Ц\left(t_{зап} + t_{бг} + t_{вз}\right)$$

,

где:

$Д_{зп}$ **– удаление дальней границы зоны поражения ЗРК;**

$Д_{рвб}$ **– удаление от аэродрома вылета до рубежа ввода в бой перехватчика;**

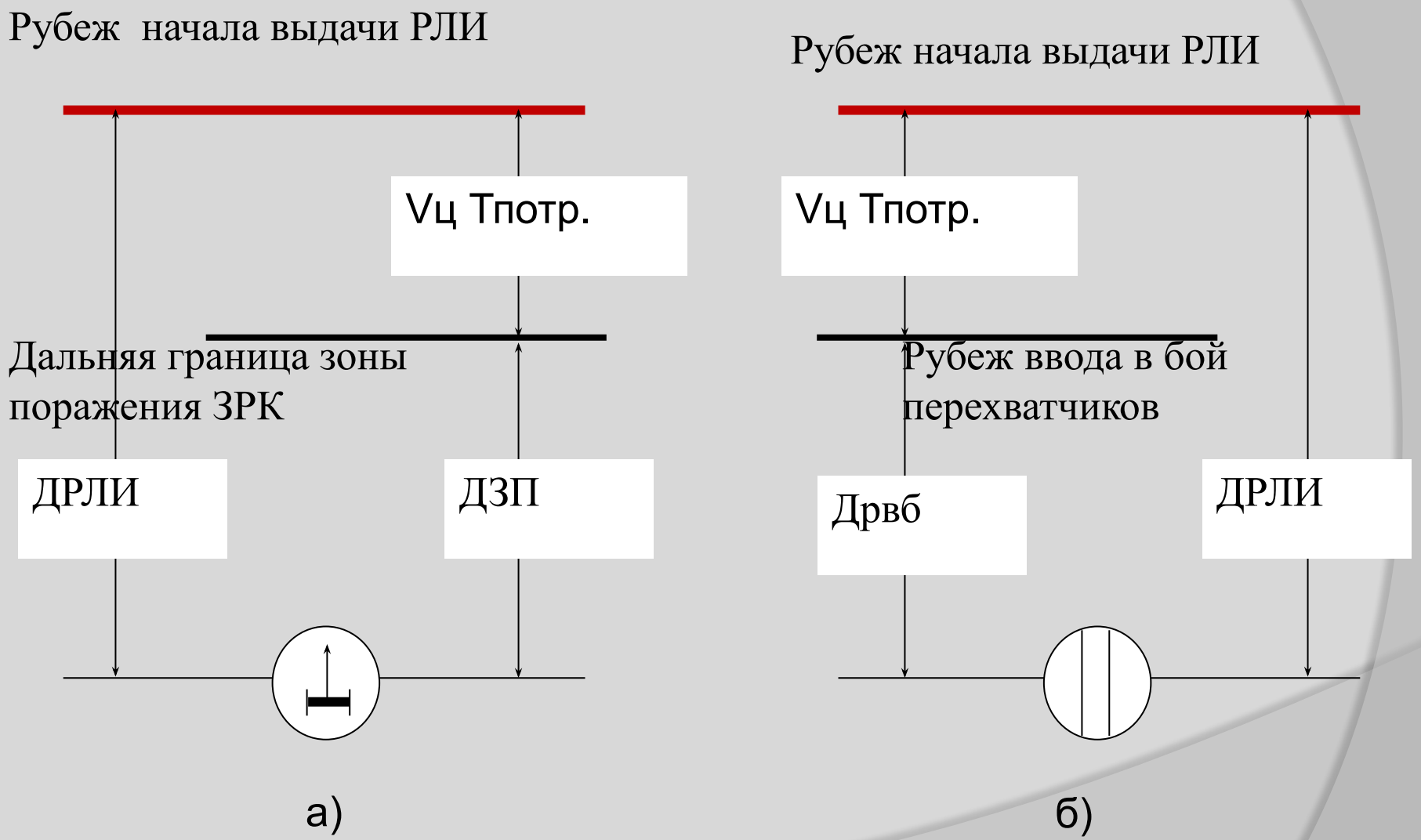
$V_Ц$ **– скорость полета целей;**

$t_{бг}$ **– время приведения средства в готовность к стрельбе или вылету;**

$t_{вз}$ **– время выполнения задачи (полета ракеты до дальней границы зоны поражения или перехватчика до рубежа ввода в бой).**

$$Д_{РЛИ} = Д_{зп} + V_Ц\left(t_{зап} + t_{бг} + t_{вз}\right)$$

$$Д_{РЛИ} = Д_{рвб} + V_Ц\left(t_{зап} + t_{бг} + t_{вз}\right)$$



Расстояние до требуемых рубежей выдачи радиолокационной информации. а)-ЗРВ б)-ИА

Из принципа наземного базирования радиолокационной системы РТВ и кривизны Земли, а также необходимости создания РЛП над всей территорией страны и прилегающей территорией сопредельных государств с установленных рубежей и в заданном диапазоне высот следует, что для создания поля необходима сеть наземных РЛС, организационно объединенных в радиотехнические подразделения и части. На параметры РЛП существенное влияние оказывают количество и взаимное расположение радиотехнических подразделений на местности, участвующих в создании поля, а также тактико-технические характеристики РЛС.

Идеальным» вариантом построения группировки является расположение подразделений по вершинам равносторонних треугольников (в узлах треугольной сетки). «Идеализация» состоит в предположении:

1) регулярности сети подразделений (равенства расстояний между позициями подразделений);

2) одинаковости размеров и форм зон информации всех подразделений.

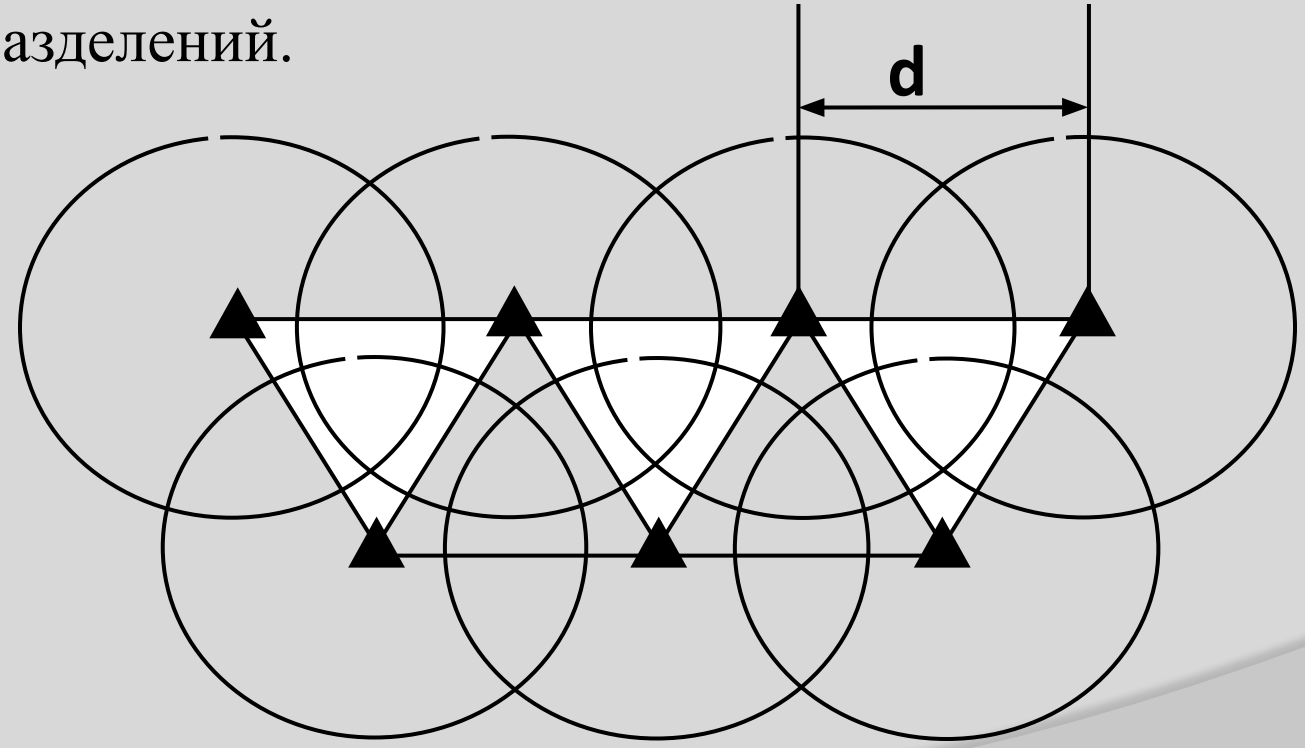


Схема взаимного расположения радиотехнических подразделений

Расстояние между позициями подразделений (густота регулярной сети) определяется, главным образом, обеспечиваемой дальностью радиолокационного обнаружения целей на предельно малых высотах с учетом кривизны Земли. Для создания РЛП с требуемым значением

H_{min} - необходимо $d = 1{,}73 Д_0$

, а количество подразделений n для создания поля над территорией, площадью $S_{тер}$, определяется $n = S_{тер} / \left(2{,}6 Д_0^2\right)$

, где $Д_0$ – радиус зоны ответственности подразделения на высоте нижней кромки поля H_{min}

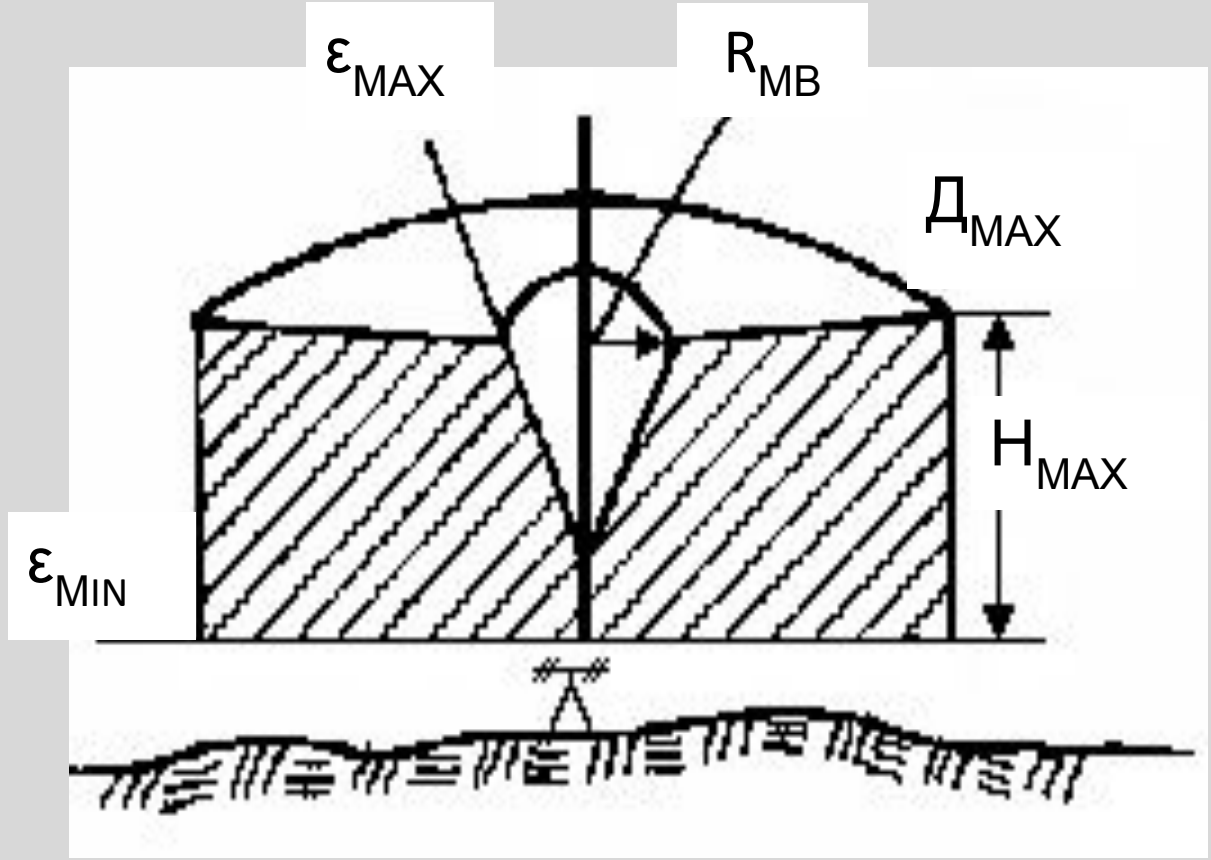


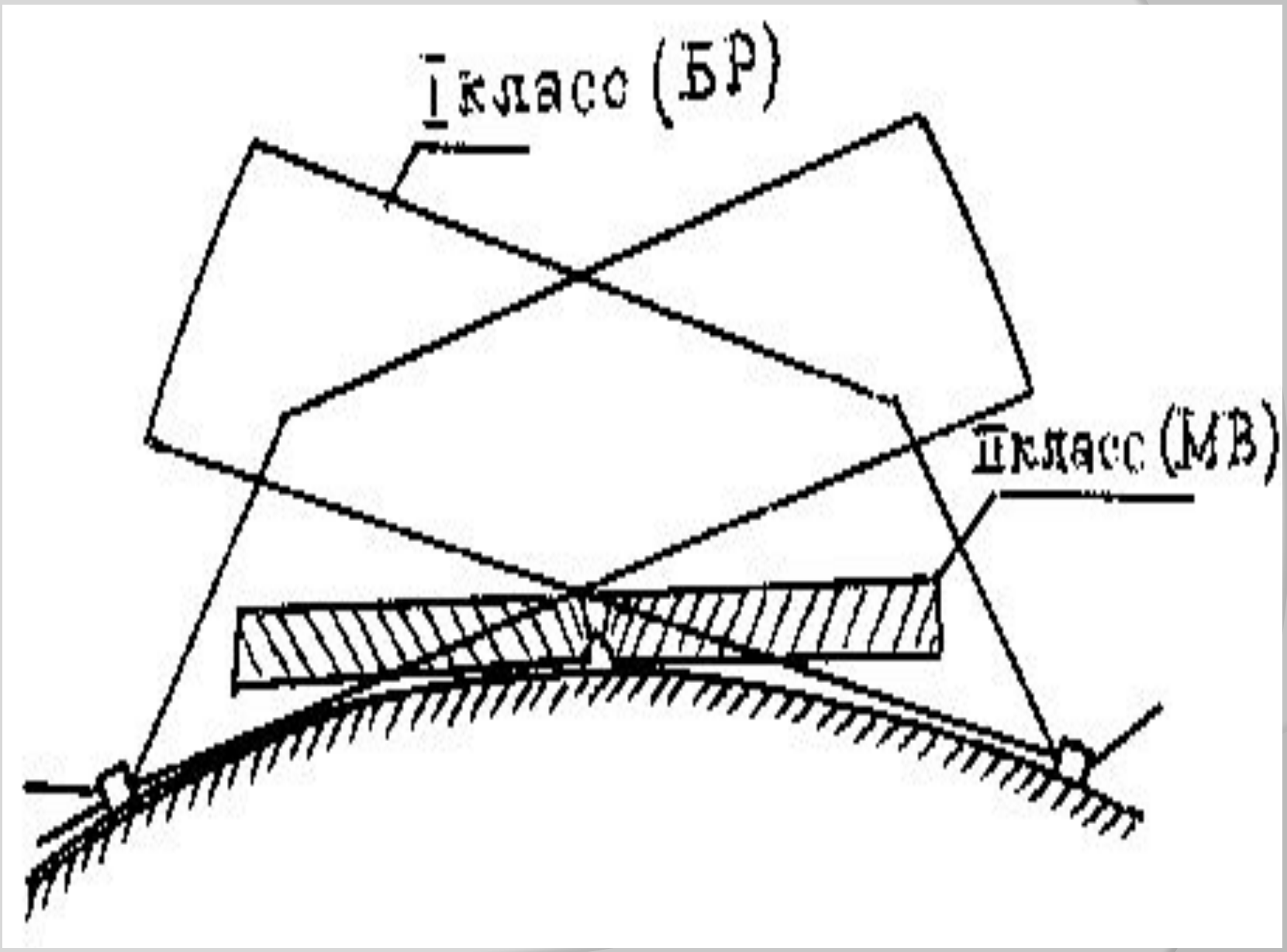
Рис. Сечение зоны обнаружения *i*-ой РЛС (РЛК) в вертикальной плоскости.

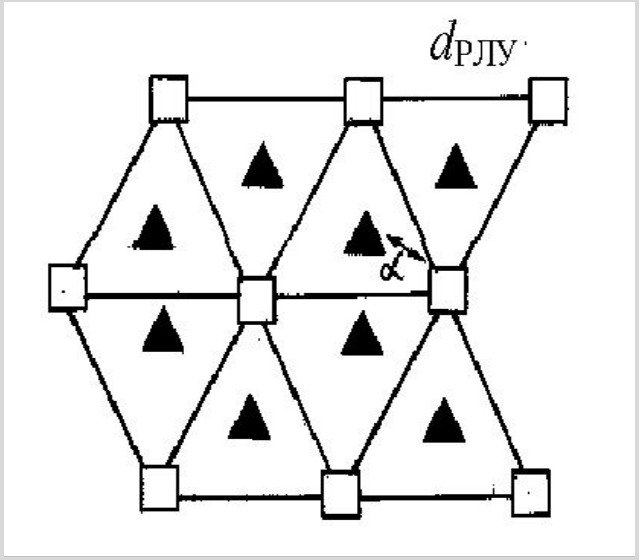
Здесь: – соответственно максимальный и минимальный углы места;

R_{MB} – радиус «мёртвой» воронки; – максимальная дальность обнаружения; – максимальная высота («потолок») обнаружения

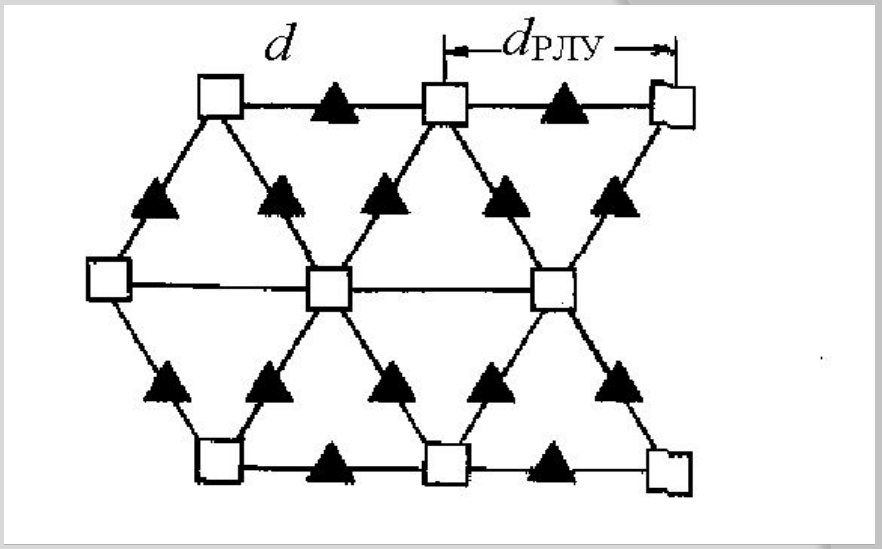
Принцип системности построения радиолокационного поля

Тактически и экономически целесообразно формировать РЛП в диапазоне малых высот всеми подразделениями группировки, используя для этого, в первую очередь, РЛС (РЛК) с лучшими возможностями по обнаружению маловысотных целей, а на больших и средних высотах (БСВ) – только частью подразделений группировки, используя РЛС (РЛК) с большим высотным потолком и дальностью обнаружения целей; роль этих подразделений и выполняют, главным образом, радиолокационные узлы (РЛУ), совмещенные с КП радиотехнических батальонов (ртб).


I класс (БР)
II класс (МВ)



А)



Б)

Схема взаимного расположения радиотехнических подразделений при двухъярусном построении радиолокационного поля: а) роты располагаются в центрах треугольников; б) роты располагаются на серединах сторон треугольников

Сеть подразделений, формирующих верхний ярус поля (на БСВ) целесообразно строить по аналогии с маловысотной сетью, то есть подразделения (рлу) размещать в узлах равносторонних треугольников. Расстояние между рлу- $d_{РЛУ}$ выбирается из условия перекрытия «мертвых воронок» зон информации соседними подразделениями.

Принцип количественной и качественной достаточности.

В основе названного принципа лежит условие качественного радиолокационного обеспечения РЛИ, в целях успешного выполнения поставленной боевой задачи огневыми родами войск и системой ВВС в целом.

На параметры РЛИ и надежность решения задач РТВ существенное влияние оказывает форма и размеры зон обнаружения РЛС (зон информации подразделений), помехозащищенность, точностные характеристики, разрешающие способности, мобильность радиолокаторов.

Форму зоны обнаружения (30) РЛС принято характеризовать графиком или таблицей зависимости-

$$Д = f(H)$$

, где $Д$ – дальность до границы зоны обнаружения, H - высота полета цели над поверхностью земли, а также размерами зоны в азимутальной плоскости

Рис. Сечение зоны обнаружения радиолокационной станции в угломестной плоскости

Параметрами зоны обнаружения РЛС (и зоны информации подразделения) являются минимальный _ $\varepsilon_{\min}$

И максимальный- $\varepsilon_{\max}$

-углы места, максимальная высота-- $(H_{\max})$

и дальность $(Д_{\max})$ обнаружения цели. Значение $\varepsilon_{\min}$

стремятся снизить до нуля и даже отрицательных значений, где это позволяет позиция. Для РЛС метрового и верхний части дециметрового диапазона, минимальный угол места выбирают из условия $\varepsilon_{\min} \cong 7{,}2\,\lambda / h_A$, где λ - длина волны,

h_A – высота электрической оси антенны. Такой выбор обусловлен влиянием подстилающей поверхности земли на формирование диаграммы направленности антенны.

***Помехозащищенность* – это свойство подсистемы активной радиолокации выполнять задачи радиолокационного обеспечения ВВС с допустимым снижением качества в условиях помех.** Воздействие активных и пассивных помех на РЛС и РЛП в целом проявляется различным образом, что затрудняет введение единого критерия оценки помехозащищенности. В качестве критериев оценки помехозащищенности РЛС в условиях АШП используют максимальную дальность обнаружения цели - $Д_{УАП}$ с заданной $\overline{\sigma}$ или коэффициент сжатия зоны обзора

$$K_{СЖТ} = Д_{УАП} / Д_{\max}$$

Помехозащищенность РЛС в условиях применения дипольных отражателей обычно характеризуют количеством пачек на 100 метров пути, при котором обеспечивается обнаружение целей с требуемыми показателями качества.

Помехозащищенность РЛС в условиях отражений от местных предметов обычно оценивается коэффициентом подавления мешающих отражений $K_{ПП}$

или коэффициентом подпомеховой видимости $K_{ПВ}$

$$K_{ПП} = P_{ПП\,ВХ} / P_{ПП\,ВЫХ}$$

$$K_{ПВ} = \frac{P_{ПП\,ВХ}}{P_{С\,ВХ}} : \frac{P_{ПП\,ВЫХ}}{P_{С\,ВЫХ}} = \frac{P_{ПП\,ВХ} P_{С\,ВЫХ}}{P_{ПП\,ВЫХ} P_{С\,ВХ}} = K_{ПП} K_{ПС}$$

где:

$P_{ПП\,ВХ}$ - мощность пассивной помехи на входе устройства защиты от пассивных помех;

$P_{ПП\,ВЫХ}$ - мощность пассивной помехи на выходе устройства защиты от пассивных помех;

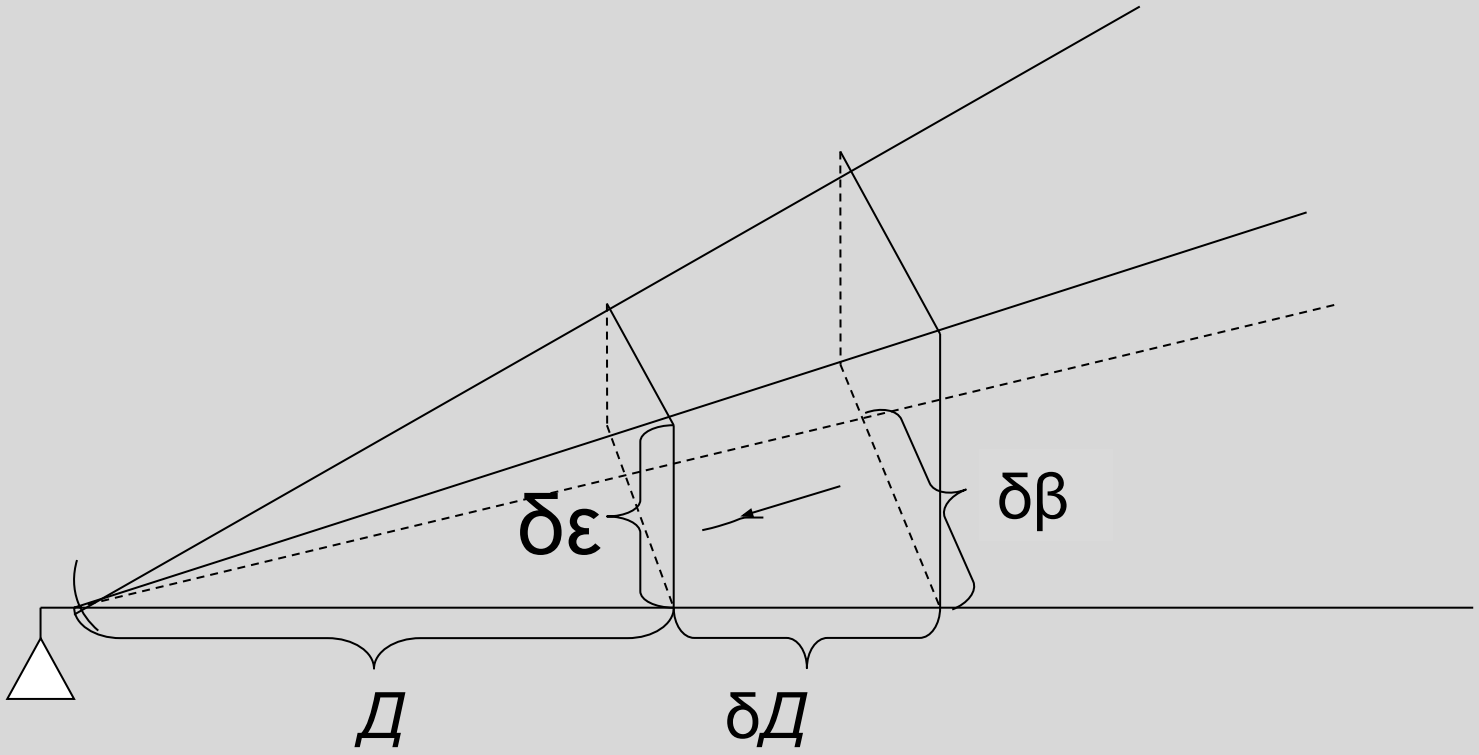
$P_{С\,ВХ}$ - мощность полезного сигнала на входе устройства защиты от пассивных помех;

Рс вых- мощность полезного сигнала на выходе устройства защиты от пассивных помех;

Кпс - коэффициент прохождения полезного сигнала через устройство защиты от пассивных помех. Как правило, $K_{ПС} \leq 1$.

Разрешающая способность РЛС должна обеспечить своевременное вскрытие состава групповых целей противника. Требования к разрешающей способности определяются параметрами боевого порядка СВН.

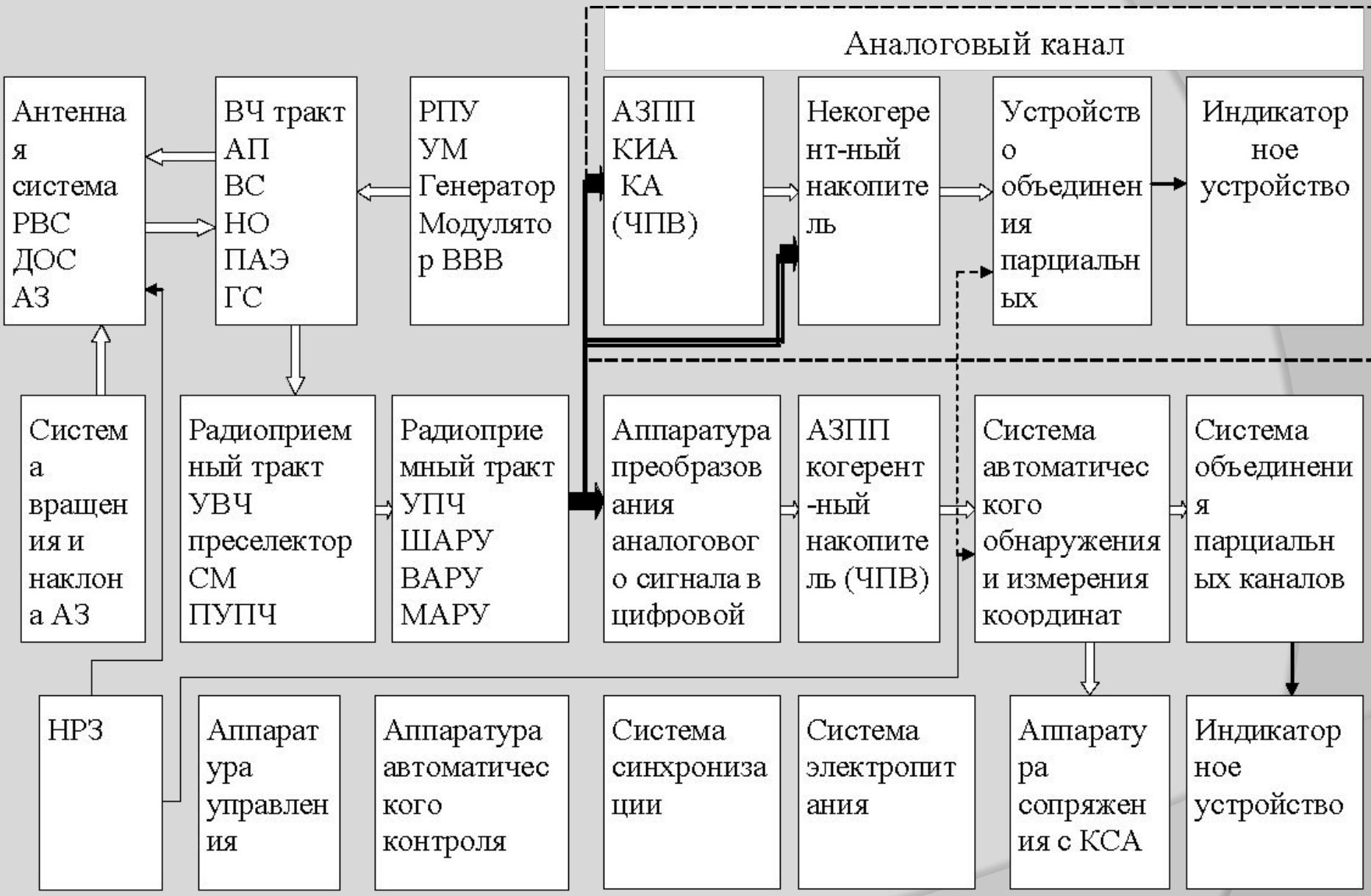
Под *разрешающей способностью* по какой-либо координате понимают минимальное различие в данной координате у двух целей, при совпадении у них других координат, при котором цели наблюдаются раздельно.



Величина импульсного объема при малых значения δβ и δε определяется соотношением: $V = Д^2 \cdot \delta Д \cdot \delta\beta \cdot \delta\varepsilon$

в котором величины δβ и δε выражены в радианах.

Рис. Импульсный объем РЛС



Обобщенная структурная схема РЛС

Точность измерения координат является важнейшим показателем РЛС. Она характеризует ошибки измерения, представляющие собой разность между истинным и измеренным значениями координат. Поскольку эта разность является случайной величиной, для количественной оценки точности используют чаще всего среднеквадратическую ошибку измерения, а иногда - максимальную ошибку или ошибку 80 % измерений.

где , ν - параметр обнаружения.

$$\sigma_Д = \frac{c\tau_И}{2\sqrt{2\pi\nu}}$$

$$\sigma_\beta = \varphi_{0,5P} + \frac{\sqrt{3}}{\pi\sqrt{2\nu}}$$

Вопрос№2.2. Принципы обработки радиолокационной информации

Сбор и обработка информации являются необходимыми элементами управления. Известно, что автоматизация всех процессов управления невозможна и нецелесообразна. В первую очередь автоматизируются наиболее скоротечные и трудоемкие процессы боевого управления, к которым относятся сбор и обработка радиолокационной информации. Радиолокационная информация извлекается из сигналов, вырабатываемых средствами радиолокации, то есть первичными источниками информации.

По мере развития радиолокационного поля (РЛП) и группировок РТВ технические возможности ручного способа съема и обработки РЛИ вошли в противоречие с усложнившимися задачами боевого управления огневыми средствами и обусловили переход к автоматизации.

Как известно, значение среднеквадратических ошибок σ определения координат целей (плоскостных x, y и высоты H, допустимые при решении задач целераспределения в корпусе (дивизии) ВВС, составляют - $\sigma_{x,y} \le 3000м$, $\sigma_H \le 1000м$, а для целеуказания зенитным ракетным комплексам (ЗРК) и наведения истребителей -

$$\sigma_{x,y} \le 2000м \qquad \sigma_H \le 1000м$$

и- $\sigma_{x,y} \le 200-1000м$, $\sigma_H \le 150-700м$

соответственно. Темп обновления информации по целям должен быть не ниже одного сообщения за 10 секунд, а время запаздывания – не более 3 секунд. Требуемый радиус информационного обеспечивания составляет на КП зрбр (зрп) 200-800 км, для КП иап 1000-1200 км.

Состоящие в настоящее время на вооружении РЛС (РЛК) позволяют обеспечить приведенные выше характеристики, но только при условии автоматизации процессов сбора, обработки и отображения РЛИ. При отсутствии автоматизации координаты целей отображаются на планшетах с точностью до малого квадрата сетки ПВО, размеры которого для средних широт составляют около 12х12 км, откуда следует, что среднеквадратическая ошибка отображения плоскостных координат объекта

$\sigma_{x,y}$ - будет составлять не менее 5 км.

Цели автоматизации сбора и обработки РЛИ:

1) обеспечение соответствия качественных и количественных показателей РЛИ требованиям, предъявляемым к этим показателям со стороны подсистемы управления и огневых средств;

2)снижение эффективности воздействия на качественные и количественные показатели РЛИ внешних факторов помех;

3)устранение зависимости информационной способности системы от пропускной способности телефонных и телеграфных каналов связи.

.

В соответствии с принципом многоступенчатости обработки РЛИ, предполагающим каждому вышестоящему КП получение обобщенной информации, достаточной для решения тех задач, которые не могут быть решены нижестоящими КП вытекает, что совокупность решаемых по обработке РЛИ задач сводится к поэтапному их решению в процессе первичной, вторичной и третичной обработки .Рассмотрим эти этапы подробнее.

1. ***Первичная обработка РЛИ*** обеспечивает принятие решения о наличии (обнаружении) воздушного объекта на очередном обзоре пространства и измерение его координат. Она включает операции:

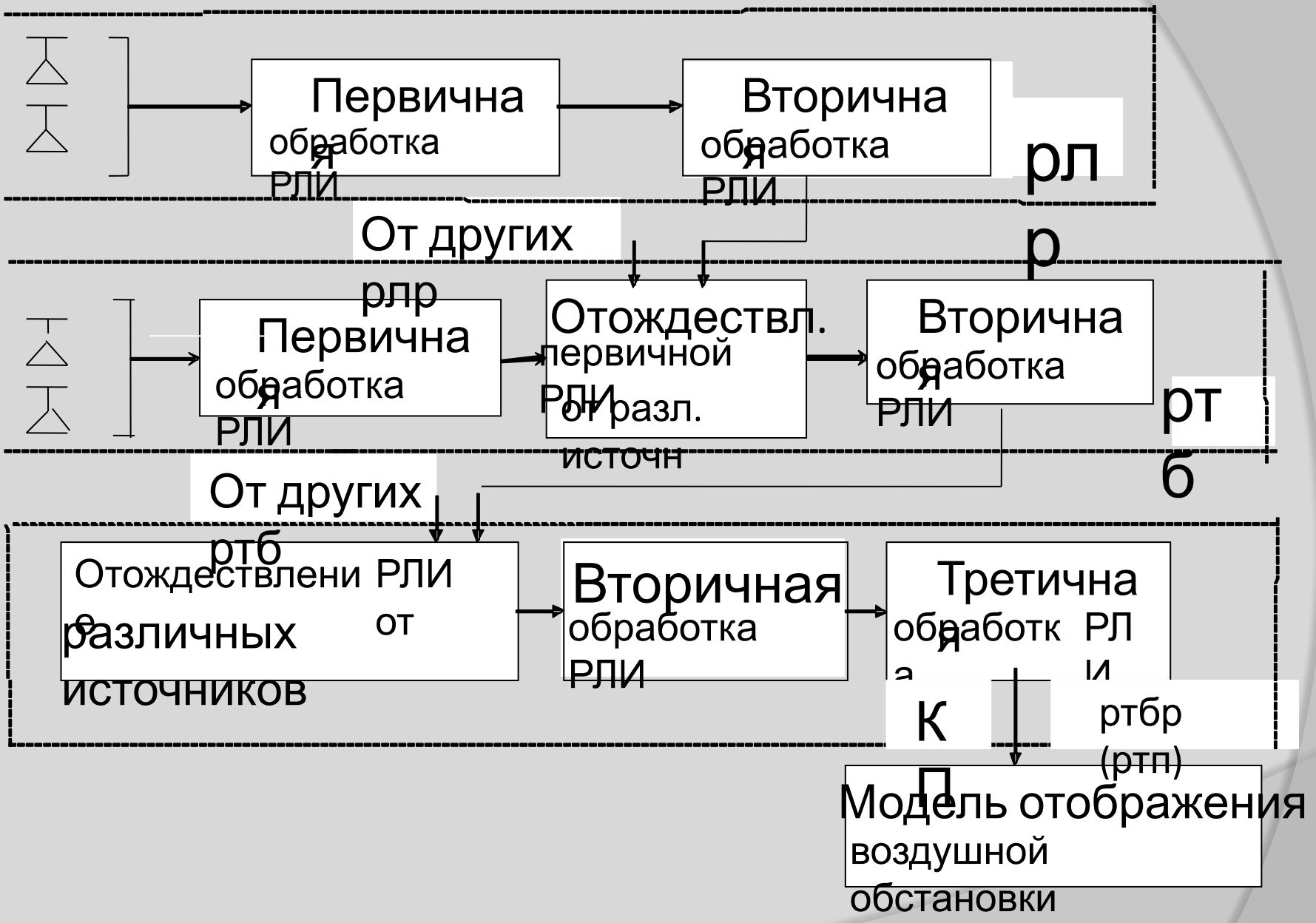
а) обнаружение на фоне помех и шумов сигналов, отраженных от воздушных объектов;

б) оценку параметров обнаруженных сигналов;

в) принятие решения о наличии воздушных объектов и измерение их координат.

На первичную обработку поступают РЛ сигналы от РЛС.

. В ходе первичной обработки РЛИ могут также оцениваться скорость цели, уровень и модуляция ЭПР и другие параметры. Совокупность оценок параметров цели, представленная в виде набора чисел, составляет радиолокационную отметку. Отметки могут быть истинными, то есть полученными от действительных, реальных воздушных объектов, и ложными, полученными вследствие воздействия помех и шумов.



Последовательность выполнения операций обработки РЛИ

Процедуры первичной и вторичной обработки состоят в принятии решений типа «да-нет» о наличии цели либо трассы при обнаружении и выработке оценок измеряемых координат и параметров трасс обнаруженных объектов. Из трех измеряемых координат , $\{x, y, H\}$ либо $\{Д, \beta, H(\varepsilon)\}$ основными являются «плоскостные» координаты $\{x, y\}$ $\{Д, \beta\}$

в которых производится обнаружением и обработка; координата *H*, как правило, сопровождает отсчет плоскостных координат, что проявляется в построении всех средств обработки и отражения РЛИ.

.

2. *Вторичная обработка РЛИ* обеспечивает принятие решения об обнаружении трассы (траектории) цели и уточнение результатов измерений на основе анализа совокупности (последовательности) изменяющихся от обзора к обзору координат и параметров трассы воздушного объекта, полученных в результате первичной обработки РЛ сигналов.

Вторичная обработка включает:

а) обнаружение трасс целей (принятие решения о наличии трасс);

б) сопровождение трасс целей, состоящее в регулярном вычислении и уточнении их параметров.

Вторичной обработке подвергаются радиолокационные отметки, полученные в течение нескольких обзоров воздушного пространства. Показателями качества обнаружения трасс являются условные вероятности правильного обнаружения трассы $D_{тр}$, ложного обнаружения трассы $F_{тр}$ и другие. Качество сопровождения трасс характеризуют среднеквадратическими ошибками оценок координат целей и параметров трасс $(\hat{\nu}, \hat{\alpha})$

. При вторичной обработке могут также выполняться операции траекторных расчетов, позволяющие определить особые точки трасс (начало маневра, начало постановки помех и т.п.).

. ***Третичная обработка РЛИ*** **обеспечивает объединение (обобщение) информации о воздушной обстановке (объектах), поступающей от нескольких первичных источников.**
Основными операциями этого типа являются:
а) отбор и отождествление радиолокационных отметок, полученных от различных источников по принципу принадлежности к одной и той же цели;
б) вычисление усредненных оценок параметров трасс тех целей, данные о которых получены от нескольких источников;
в) обобщение (генерализация, загрубление) РЛИ для вышестоящих КП.
При вычислении названных операций используются только результаты внутренних процедур обработки информации в соответствие со структурной схемой, представленной на рис.

Следует отметить, что операции первичной и вторичной обработки выполняются в системе периодичности с темпом не ниже обзора воздушного пространства средствам радиолокации. Операции третьего типа обработки могут выполняться с темпом, зависящим от решаемой задачи на основе полученной динамической модели воздушной обстановки.

Т1.Занятие№5.Методы обзора пространства, применяемые в РЛС РТВ.(Групповое занятие).

Учебные вопросы студентам для подготовки к занятию:

1. Дать определение что такое радиолокационное поле активной радиолокации, и зоны обнаружения РЛС?.

2. Как определяется Hmax (высота) при косеконсной диаграмме направленности в вертикальной плоскости?

3. .Как выбираются параметры зоны обнаружения с учетом тактических требований и технических возможностей их реализации ? Максимальная дальность обнаружения целей- $Д_{\max}$

4. Отчего зависят способы обзора РЛС и какие учитываются основные факторы?

5.Какие программы обзора в РТВ получили наибольшее распространение? Раскрыть их суть.
6.Каков метод обзора по дальности?
7.Какие программы обзора различают по траектории движения луча? Объяснить.
8. Формирование зоны обнаружения в дальномерах**.** Объяснить параметры изодальнего и изовысотного участков ДН.
9. Обзор пространства и измерение координат в радиовысотомерах.Как производится расчёт высоты?

Достоинство метрового диапазона волн:

- в метровом диапазоне волн больше, чем в сантиметровом и дециметровом, эффективные отражающие поверхности аэродинамических целей.
- в РЛС метрового диапазона волн формирование диаграммы направленности происходит с участием земной поверхности. Интерференция поля в отдельных угломестных направлениях может достигать почти вдвое, что соответствующим образом увеличивает дальность обнаружения целей.
- в метровом диапазоне волн меньше потери на поглощение и рассеяние энергии в атмосфере при её распространении.
- в метровом диапазоне коэффициент шума приемников обычно несколько меньше, чем в сантиметровом и дециметровом диапазонах.
- в метровом диапазоне волн практически не наблюдаются отражения от гидрометеоров, так как гидрометеоры представляют собой тела шарообразной формы.

задание на самоподготовку

- 1.Изучить назначение, состав, П-18.
- 2.Изучить тактические и технические характеристики изделия 1РЛ131

- Литература:

- Подвижная радиолокационная станция П-18,М.:Воен.издат1978.
- Техническое описание изделия 1РЛ131.

Контрольные вопросы

1. Почему в РЛС с простым сигналом применяются однокаскадные схемы построения радиопередающих устройств?
2. Почему радиопередающие устройства с ЛЧМ сигналом не используют в качестве усилительного элемента пролетный клистрон?
3. По какой причине усилители радиопередающих устройств строятся по многоступенчатой схеме?
4. В следствии каких причин многоканальные радиопередающие устройства обязательно охвачены системой автоматического контроля?
5. Как объяснить, что радиопередающие устройства являются основным потребителем энергии в РЛС?
6. Какие элементы радиопередающих устройств влияют на информационную способность РЛС и обеспечивают её высокую помехозащищенность?

Сибирский федеральный университет

ВЧ элементы РЛС

- Коаксиальные и двукоаксиальные линии передачи
- Волноводы
- Высокочастотные фильтры
- Микрополосковые линии
- Ферритовые вентили
- Волноводные переключатели
- Фазовращатели
- Антенные переключатели
- Волноводно-коаксиальные переходы
- Токосъемники
- Радиопоглощающие элементы ВЧ энергии
- Элементы защиты

Основные технические характеристики волноводного тракта :

1. *Степень согласования* волноводного *тракта с нагрузкой* характеризуется коэффициентом бегущей волны (КБВ) или обратной ему величиной - коэффициентом стоячей волны напряжения - КСВН. Величина КСВН показывает, насколько режим работы волноводного тракта отличается от режима бегущих волн. Практически считается, что нагрузка хорошо согласована с линией передачи, если КСВН < 1,2, и согласована удовлетворительно, если КСВН = 1,2...2,0.

2. *Потери энергии в волноводном тракте* обусловлены тепловыми потерями в металлических проводящих поверхностях и диэлектрическими потерями линий передачи. Величину потерь принято характеризовать коэффициентом поглощения. Для линий передач пользуются величиной погонного ослабления, выраженной в децибелах на один метр длины. Для волноводов значение погонного ослабления составляет 0,01...0,05 дБ/м, для полосковых и коаксиальных линий передачи - 0,05...0,5 дБ/м. Потери реальных трактов РЛС - 0,5...1 дБ на передачу и 2...3 дБ на прием.

3. *Максимальная передаваемая мощность в волноводном тракте* ограничивается возможностью электрического пробоя и допустимым нагревом диэлектрика линии передачи.

Параметры длинной линии

1.Длинная линия характеризуется распределенными параметрами: емкостью C'[Ф/М] и индуктивностью L'[гн/М] на единицу длины. Элементарный участок dl такой линии имеет емкость C'dl и индуктивность L'dl (рис. 3.15).

2.Другим важным параметром длинной линии является ее волновое сопротивление

$$\rho = u/i = \sqrt{L'/C'}.$$

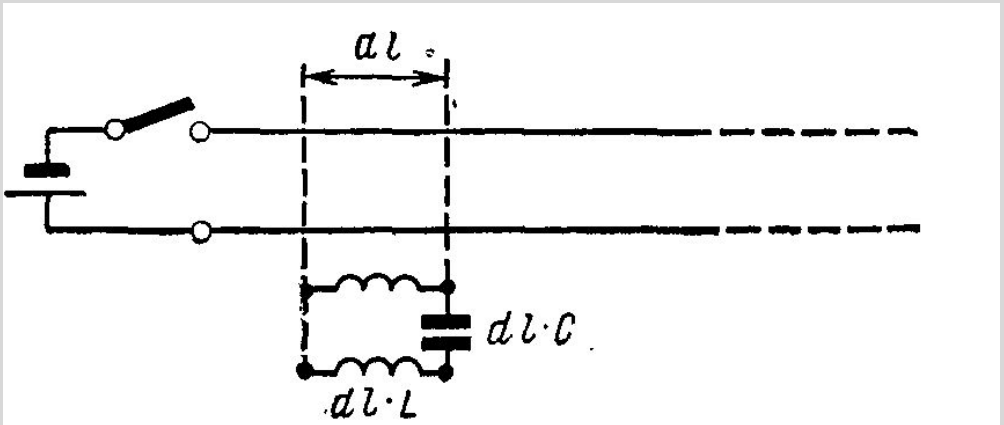


Рис. 3.15. Длинная линия и эквивалентная схема ее элемента.

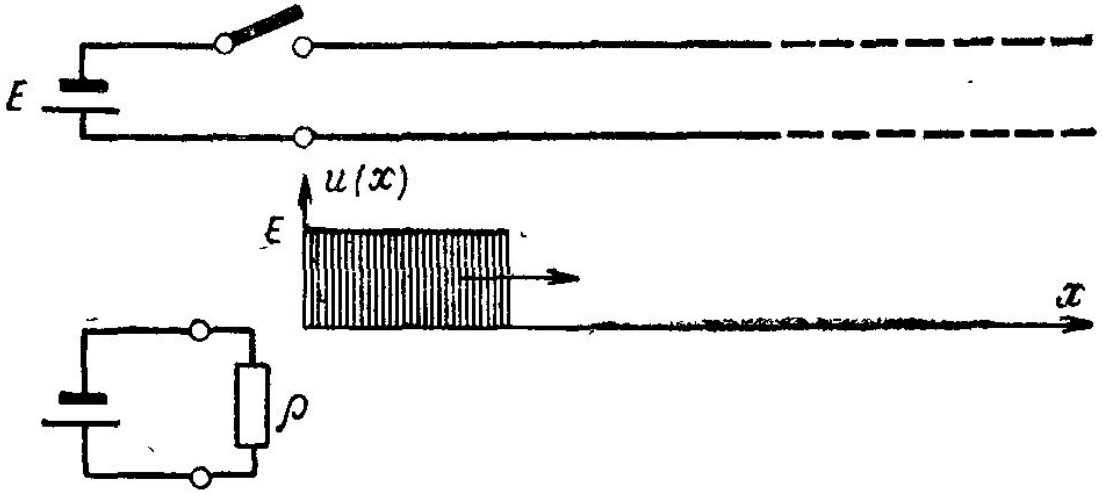


Рис. 3.16. Подключение бесконечно длинной линии к источнику постояниого напряжения.

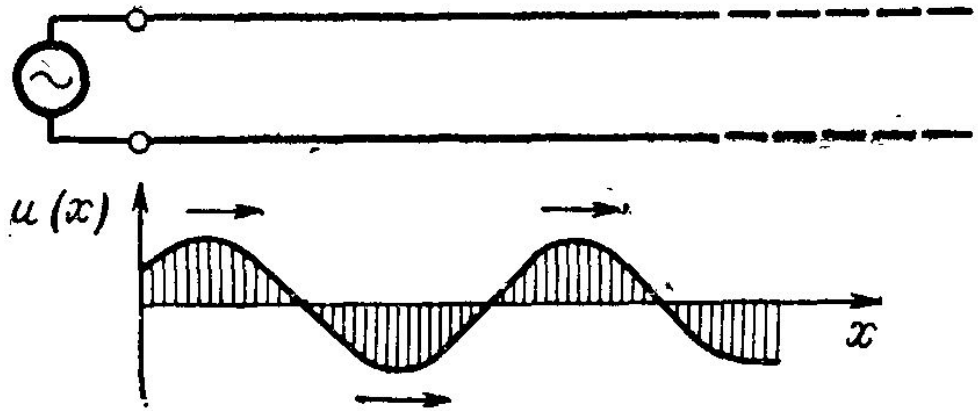


Рис. 3.17. Бегущая волна в бескоиечно длиной линии.

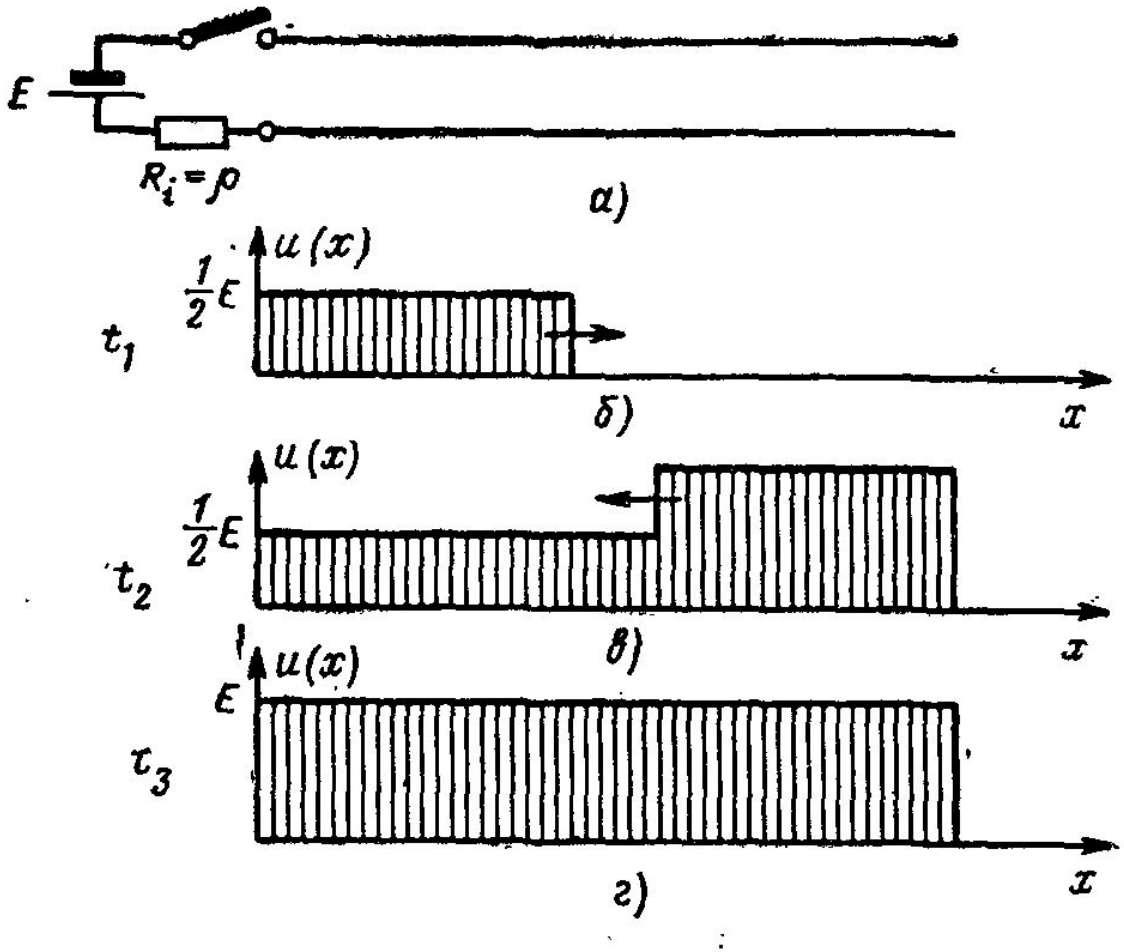


Рис. 3.18. Подключение линии, разомкнутой на конце, к источнику постоянного напряжения.

При подключении разомкнутой линии к источнику переменного напряжения

Первоначально от входных зажимов к концу линии распространяется бегущая (падающая) волна

$$u_1(x, t) = U_M \cos \omega [t - (x/v)].$$

. От конца линии к входным зажимам распространяется вторая бегущая(отраженная) волна

$$u_2(x, t) = U_M \cos \omega [t + (x/v)].$$

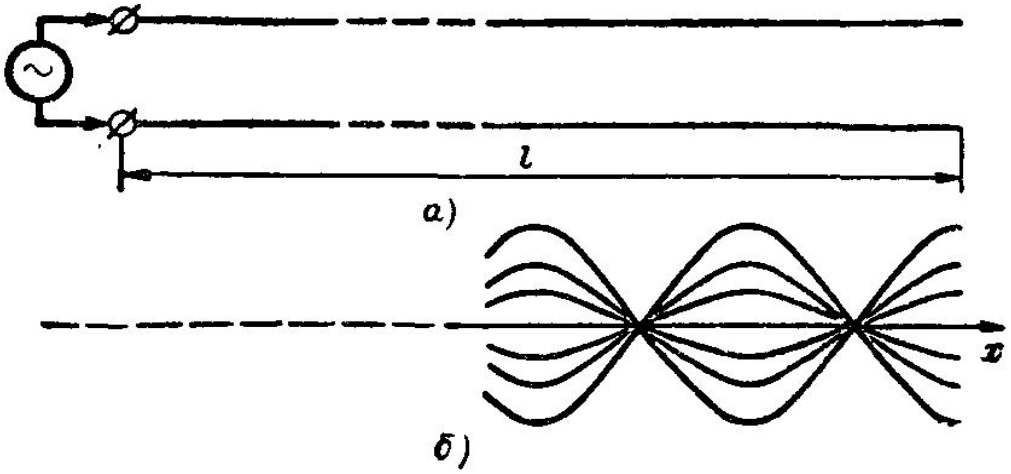


Рис. 3.19. Разомкнутая на конце линия (*а*) и стоячие волны (*б*) в ней.

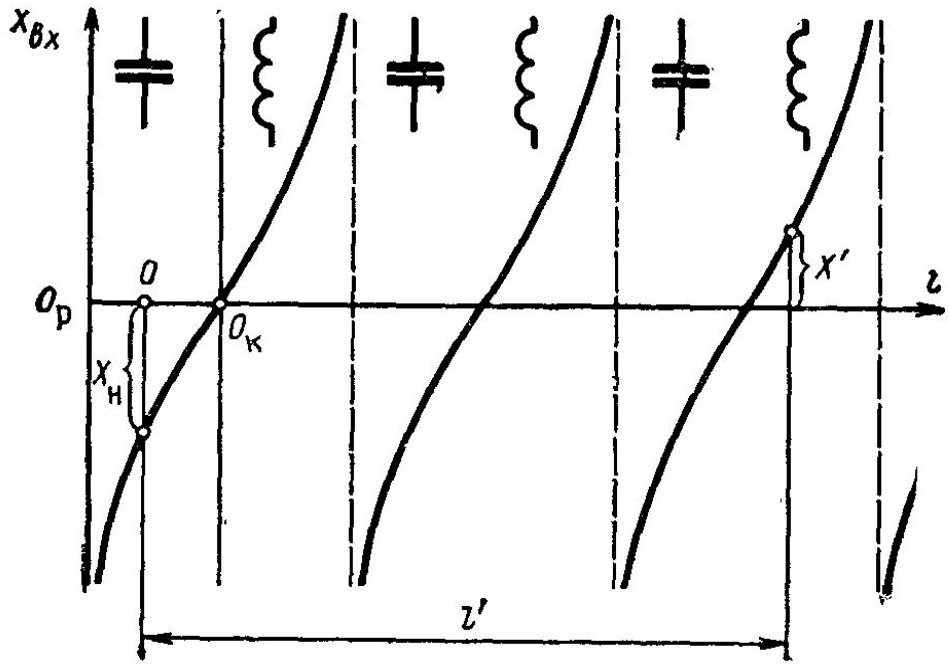


Рис. 3.20. Реактивное сопротивление линии в зависимости от ее длины.

1. Напряжения и токи в каждой точке разомкнутой длинной линии сдвинуты по фазе на 90*.

2. Амплитуды токов и напряжений изменяются вдоль линии. В одних точках—узлах—напряжение всегда отсутствует, в других—пучностях—имеет максимальное значение. Пучности и узлы чередуются через $\lambda/4$. Пучности тока соответствуют узлам напряжения и наоборот. Такое распределение поля вдоль линии **называется стоячей волной** (рис. 3.19, б). Для источника разомкнутая длинная линия представляет реактивное сопротивление.

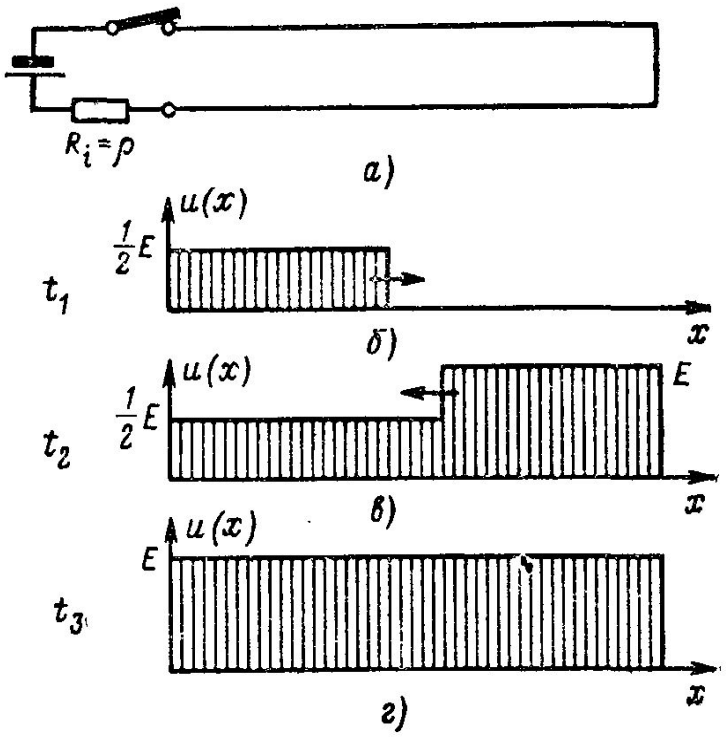


Рис. 3.21. Подключение короткозамкнутой линии к источнику постоянного напряжения.

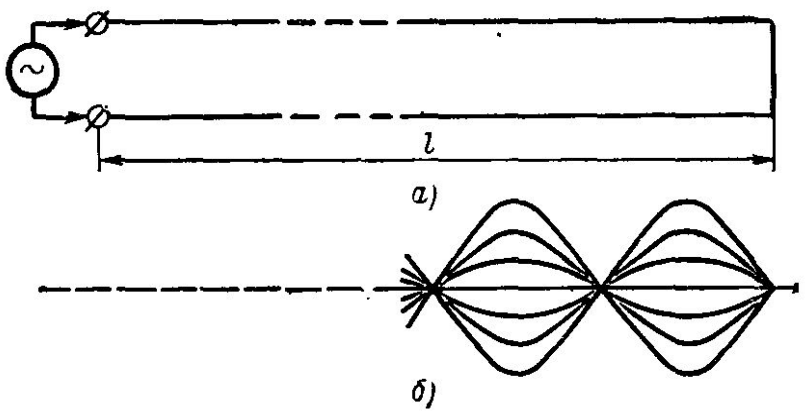
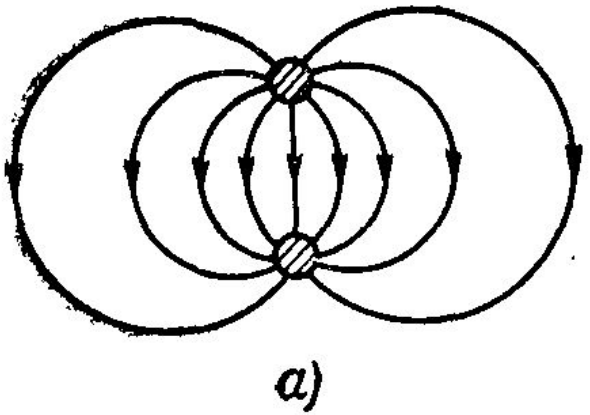


Рис. 3.22. Короткозамкнутая на конце линия (*а*) и стоячие волны (*б*) в ней.

ВЧ элементы РЛС

- Коаксиальные и двукоаксиальные линии передачи
- Волноводы
- Высокочастотные фильтры
- Микрополосковые линии
- Ферритовые вентили
- Волноводные переключатели
- Фазовращатели
- Антенные переключатели
- Волноводно-коаксиальные переходы
- Токосъемники
- Радиопоглощающие элементы ВЧ энергии
- Элементы защиты



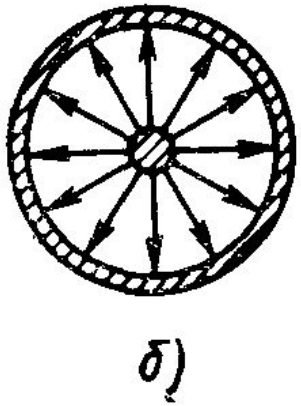


Рис. 4.1. Электрическое поле двухпроводной (*а*) и коаксиальной (*б*) линий.

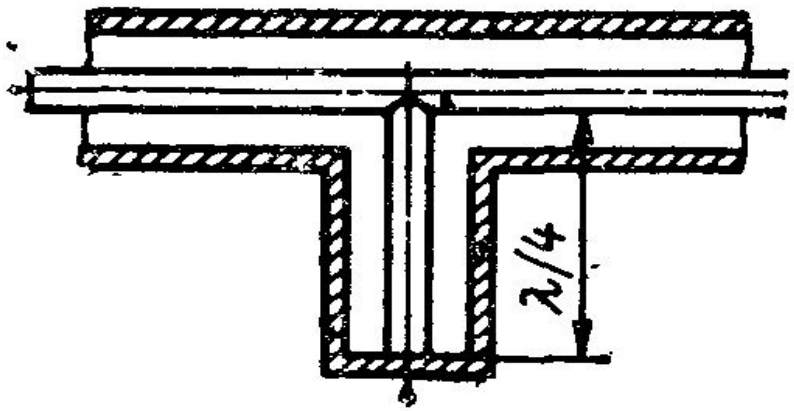


Рис. 4.2. Металлический изолятор.

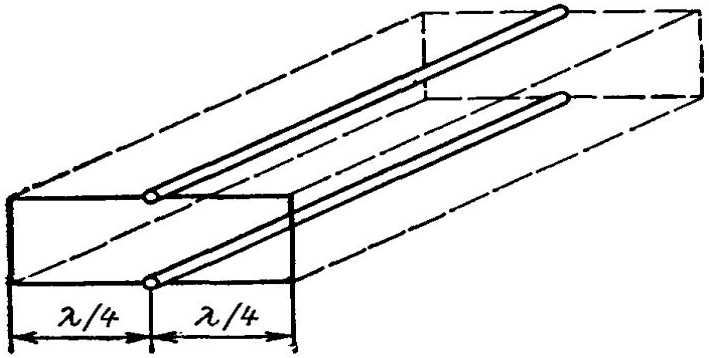
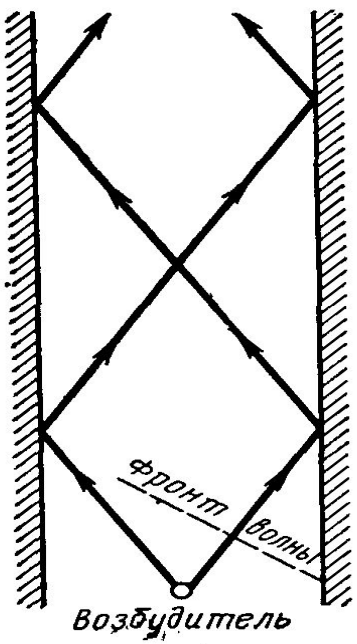
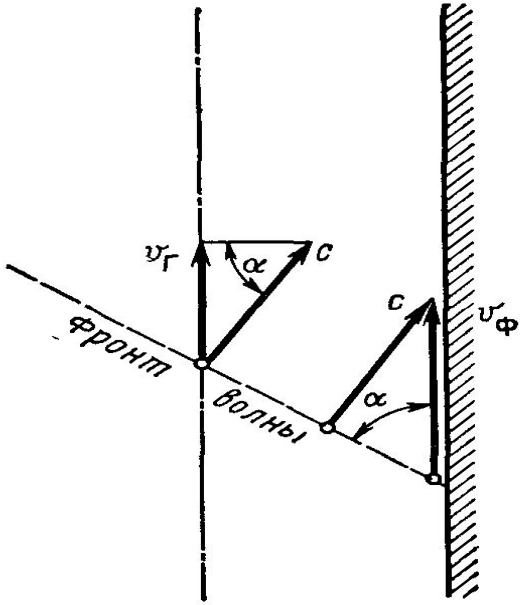


Рис. 4.3. Двухпроводная линия — аналог волновода.



а)



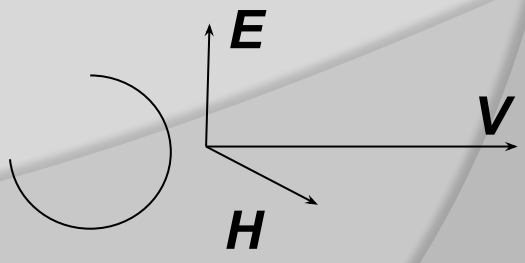
б)

Рис. 4.4. Распространение радиоволн в волноводе (*а*); соотношение между фазовой и групповой скоростями (*б*).

$$K_{БВ} = \frac{U_{min}}{U_{max}} = \frac{U_{min}}{I_{max}} = \frac{\rho}{Z_H}$$

Выводы из уравнений Д. Максвела при граничных условиях

1. Изменение электрического поля порождает изменение магнитного поля, и наоборот
2. Оба поля существуют одновременно
3. Вектор электрического ***E*** поля перпендикулярен вектору магнитного поля ***H***
4. Поток энергии электромагнитного поля прямо пропорционален плотности энергии
5. Вектор скорости электромагнитной волны ***V*** перпендикулярен векторам ***E*** и ***H***



6. Скорость распространения электромагнитной волны зависит от диэлектрической и магнитной проницаемости среды

7. Электрическое поле охватывает линии переменного магнитного поля. Линии переменного электрического поля перпендикулярны поверхности проводника (начинают и заканчиваются на поверхности)

8. Магнитное поле охватывает ток или линии переменного электрического поля. Линии магнитного поля параллельны поверхности проводника (либо распространяются по поверхности проводника, либо не касаются последнего)

Волноводы характеризуют типом волны, устанавливающейся в поперечном сечении:

1. В поперечном направлении действует вектор E; вдоль волновода имеется составляющая магнитного поля. Такое поле обозначают TE или H (рис. 4.5, а).
2. В поперечном сечении располагаются только магнитные силовые линии; вдоль волновода есть составляющая

вектора E. Такое поле называют полем типа E или TM (рис. 4.5, б). К этим обозначениям добавляют индексы, указывающие, сколько полуволн укладывается по каждой поперечной стороне волновода. Например

H_{10} — означает, что по одной из поперечных сторон поле не меняется, а по другой стороне укладывается одна полуволна. Наиболее широкое распространение в радиотехнике получили прямоугольные волноводы с волной типа H10

Фидерная линия – двухпроводная линия, предназначенная для передачи энергии высоких частот.

Длинными линиями называются такие линии передачи электромагнитной энергии, геометрическая длинна которых больше или соизмерима с длинной волны.

Прямая (падающая) волна – волна распространяющаяся от генератора к нагрузке.

Волновое сопротивление фидерной линии это сопротивление оказываемое распространению электромагнитной волны.

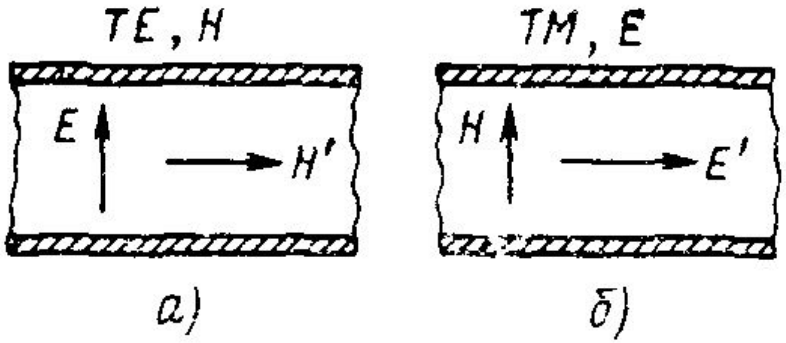


Рис. 4.5. Типы волн в волноводе.

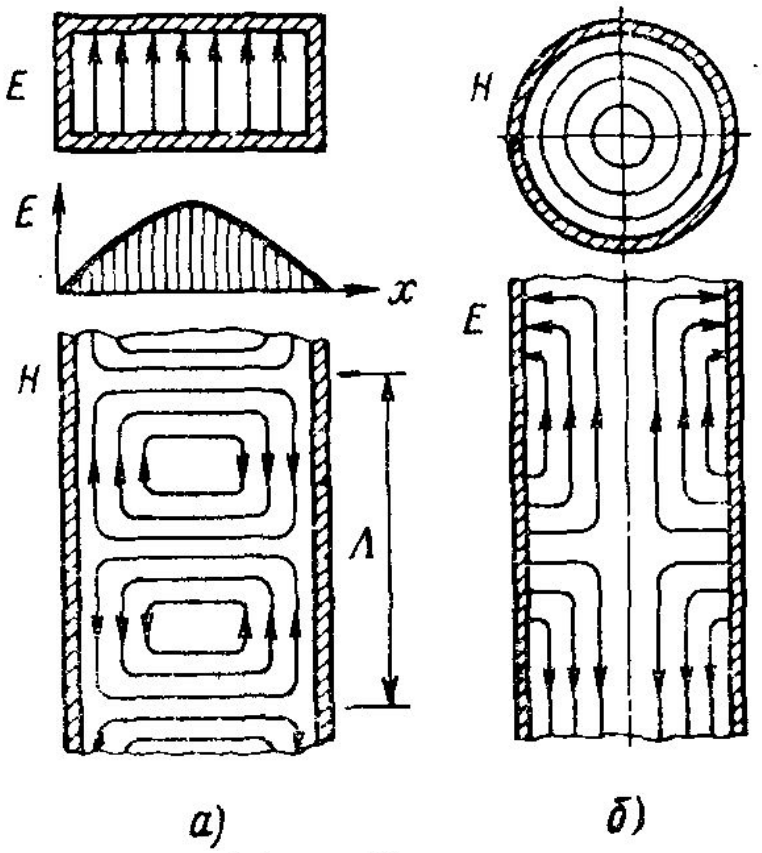


Рис. 4.6. Поле H_{10} в прямоугольном (*а*) и E_{01} в круглом (*б*) волноводах.

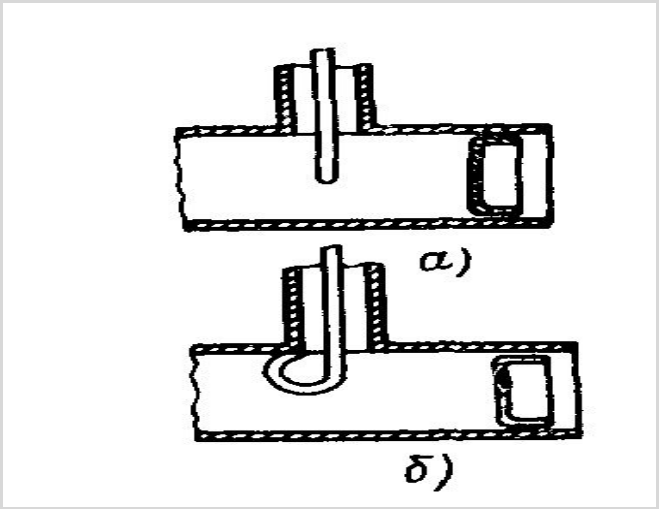


Рис. 4.10. Элементы связи: штырь (*а*) и петля (*б*).

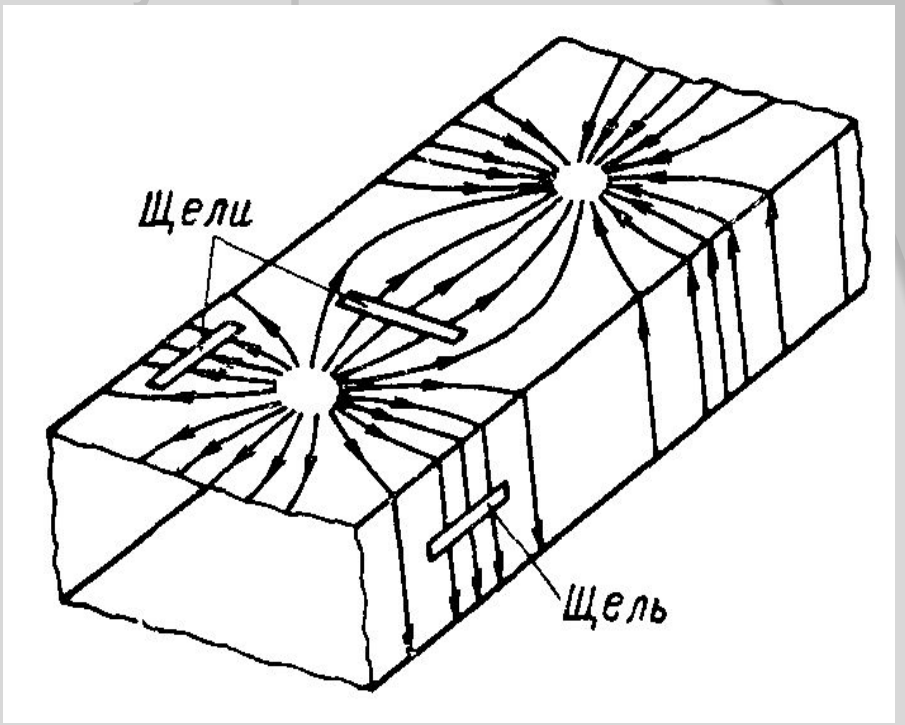


Рис. 4.11. Расположение излучающих щелей в волноводе.

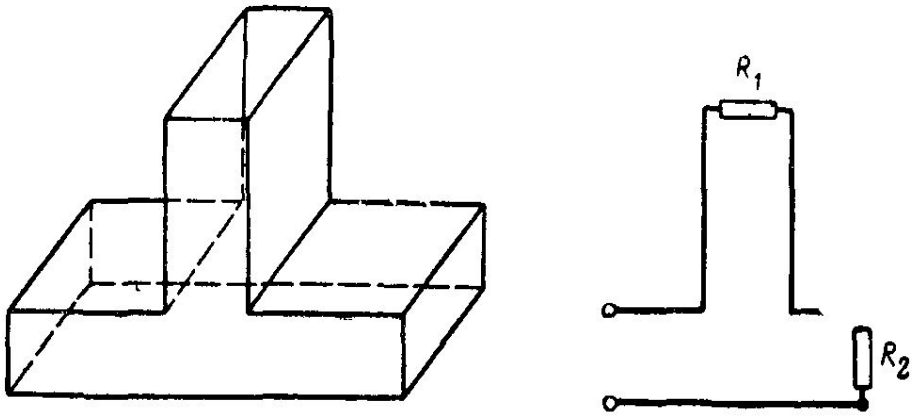


Рис. 4.12. Последовательное ответвление волновода.

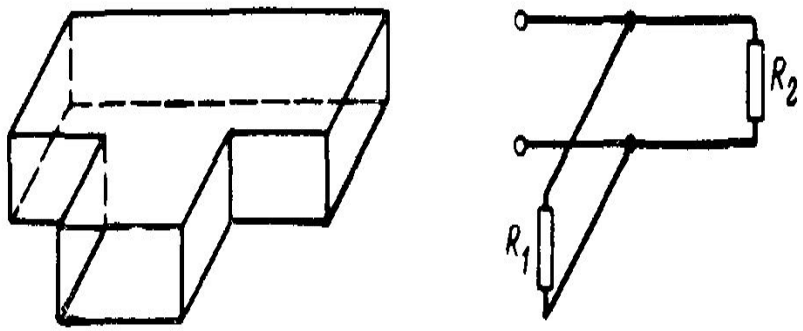


Рис. 4.13. Параллельное ответвление волновода.

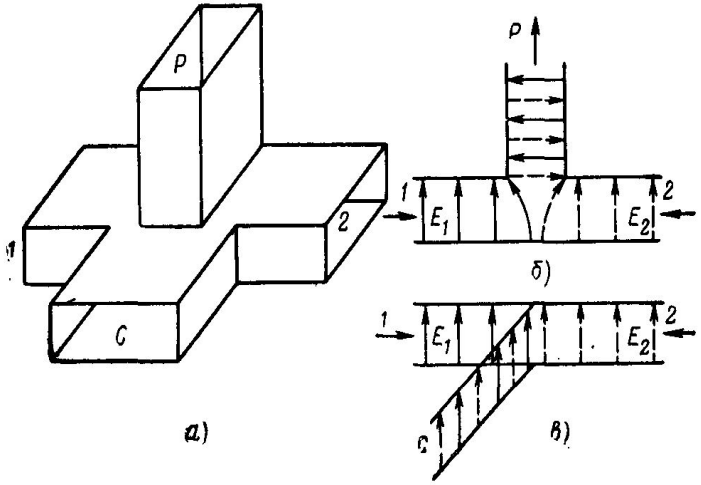


Рис. 4.14. Суммарно-разностный T-образный волноводный мост ($а$) и его эквивалентные двухпроводные схемы ($б$, $в$).

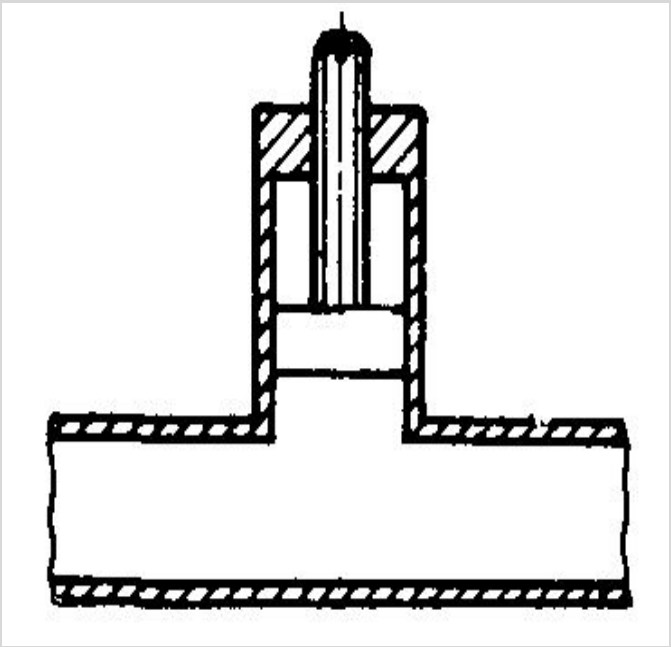


Рис. 4.17. Регулируемое реактивное сопротивление.

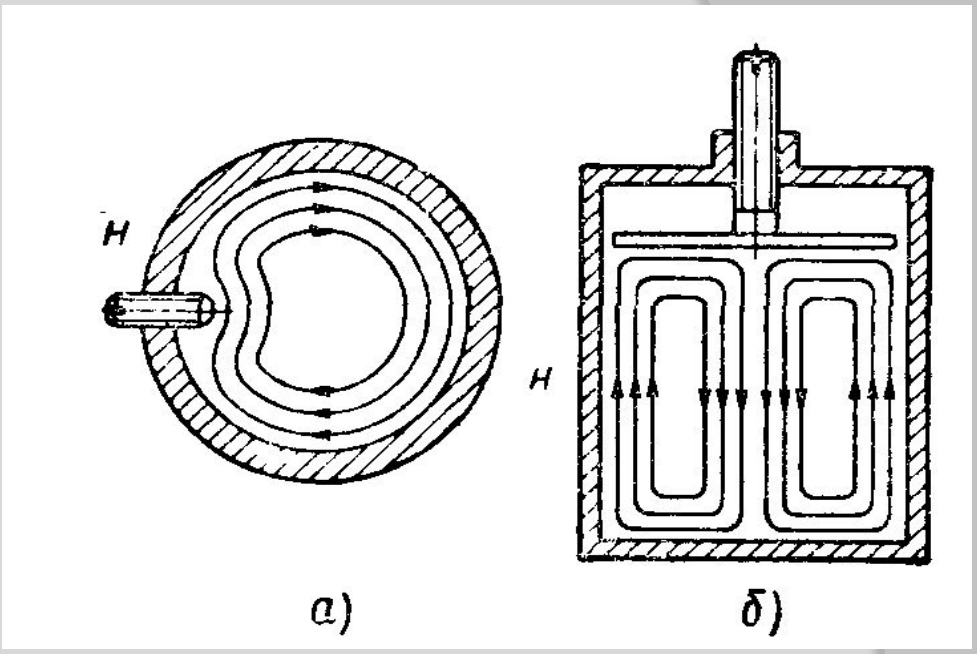


Рис. 4.18. Органы перестройки объемных резонаторов: винт (*а*), плунжер (*б*).

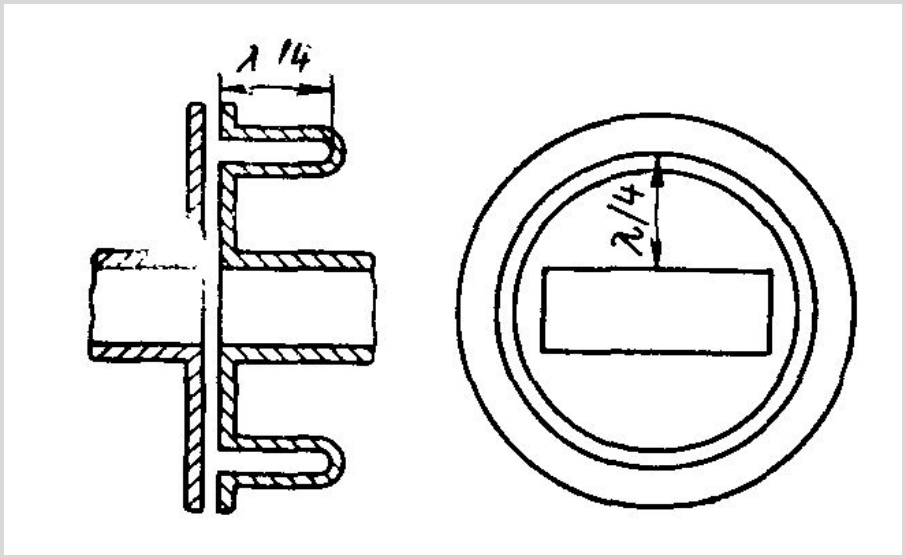


Рис. 4.21. Соединительный фланец волновода.

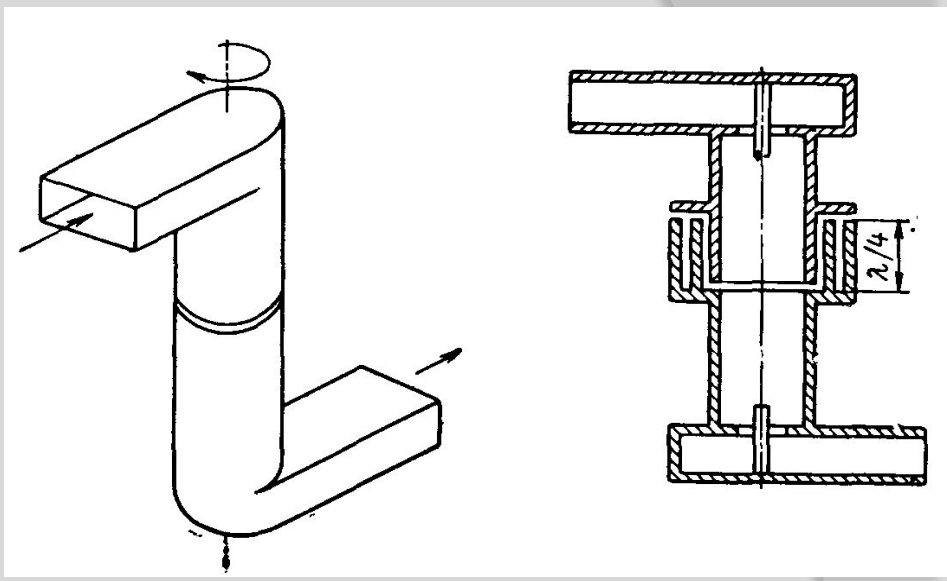


Рис. 4.22. Вращающееся сочленение.

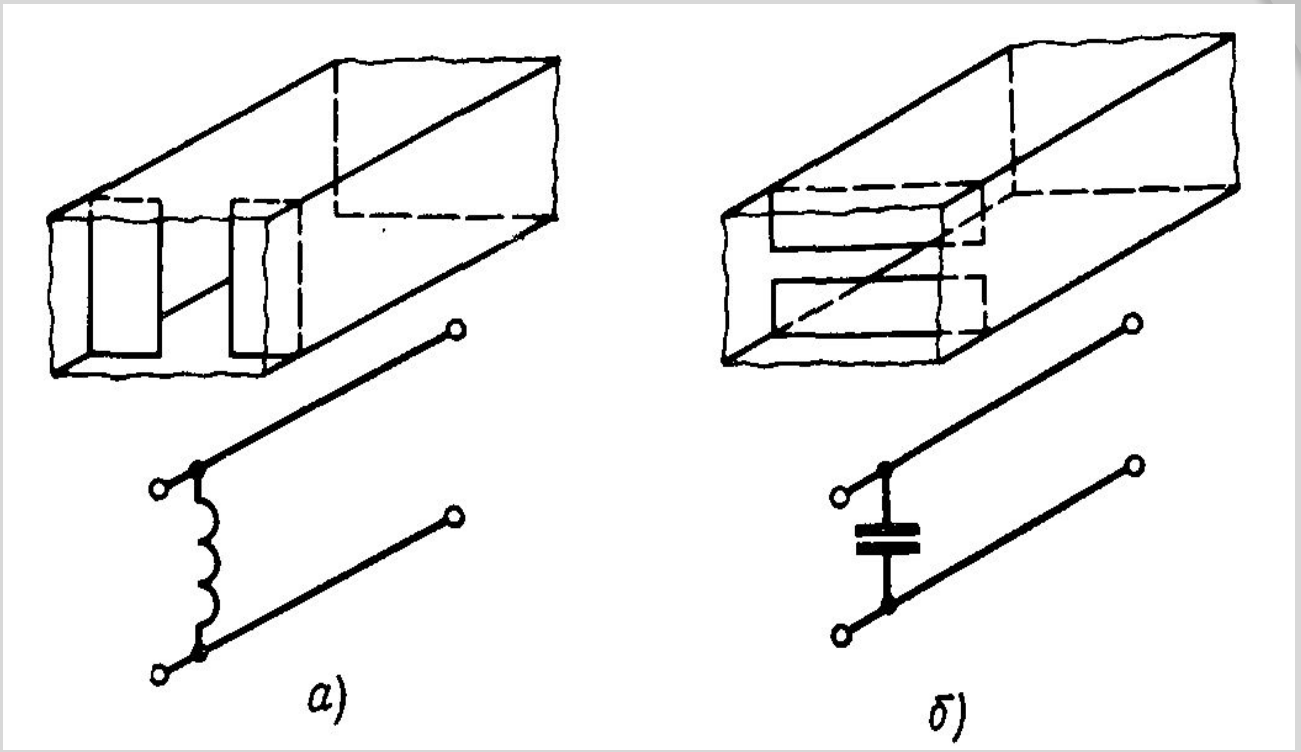


Рис. 4.16. Индуктивное (*а*) и емкостное (*б*) сопротивления в волноводе.

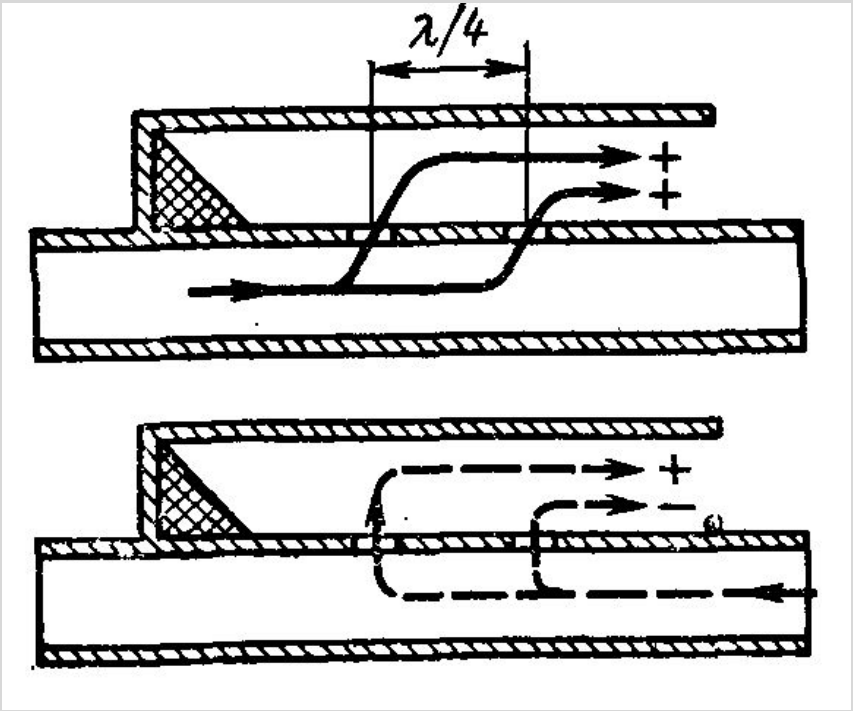


Рис. 4.23. Направленный ответвитель.

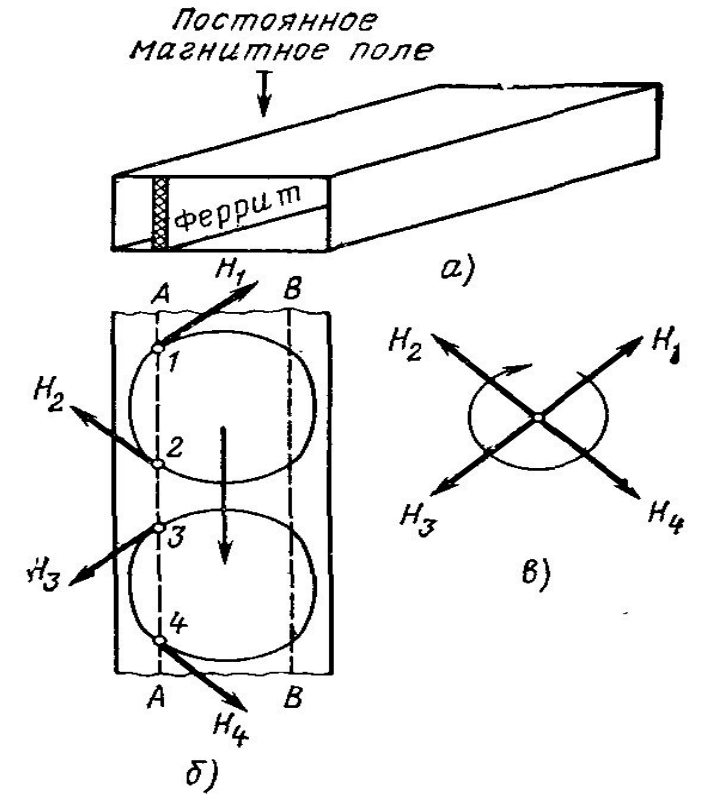


Рис. 4.24. Размещение феррита в волноводе (*а*). Направление вектора магнитного поля (*б*) и его последовательные положения (*в*).

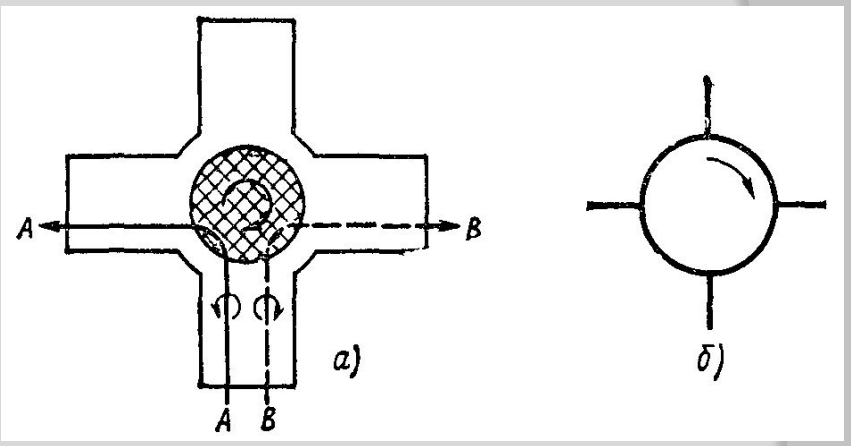


Рис. 4.25. Циркулятор (*а*) и его схематическое изображение (*б*).

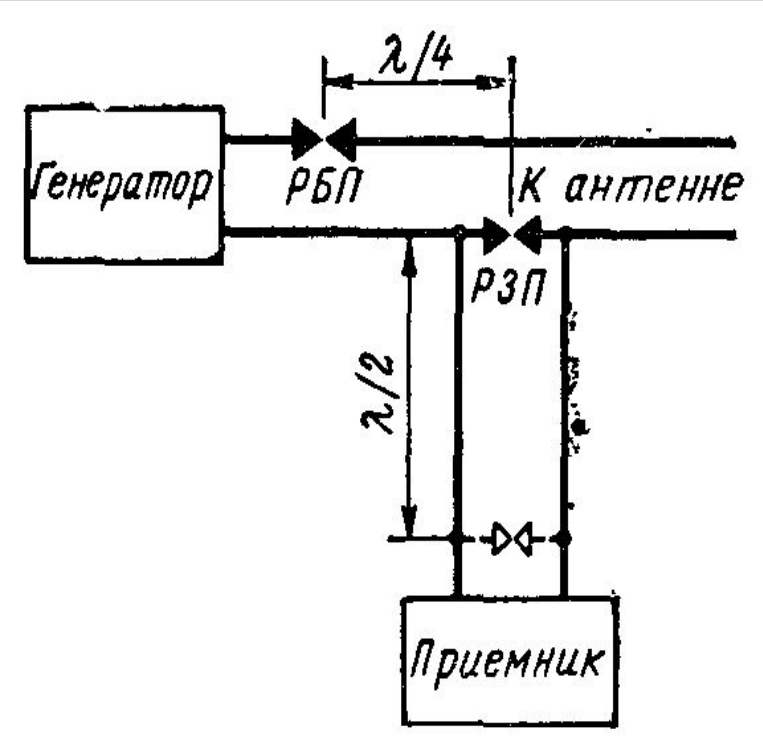


Рис. 4.27. Антенный переключатель.

Антенна – устройство предназначенное для излучения и приема электромагнитной энергии, представляющее собой открытый колебательный контур выполненный так, чтобы как можно большая часть подводимой от РПУ энергии излучалась в пространство

Антенные элементы РЛС

- Рупорные облучатели
- Вибраторные антенны
- Щелевые антенны
- Зеркало антенны
- Механизмы перемещения (вращения и качания) антенны

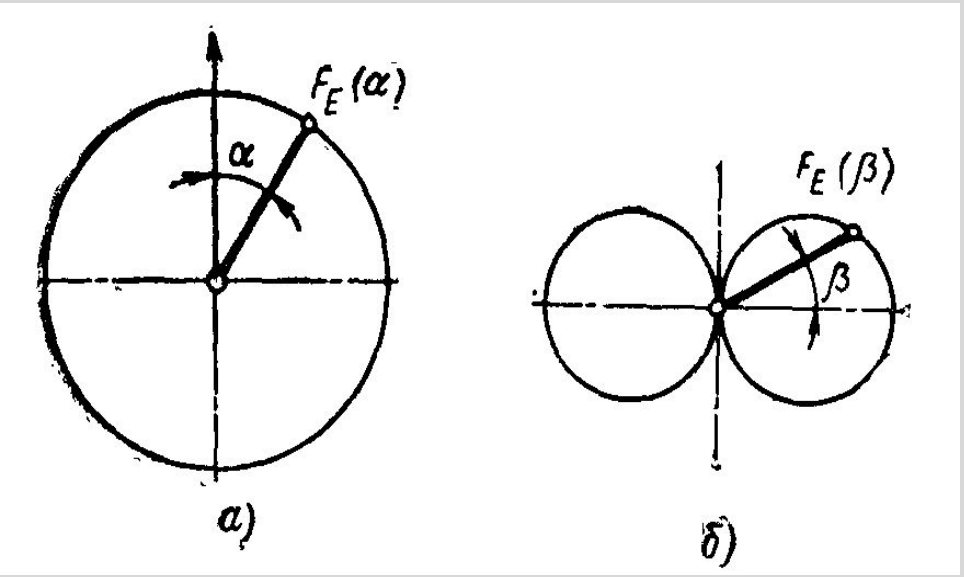


Рис. 2.4. Диаграмма направленности вибратора Герца в горизонтальной (*а*) плоскости (перпеидикулярно вибратору) и в вертикальном направлении (*б*).

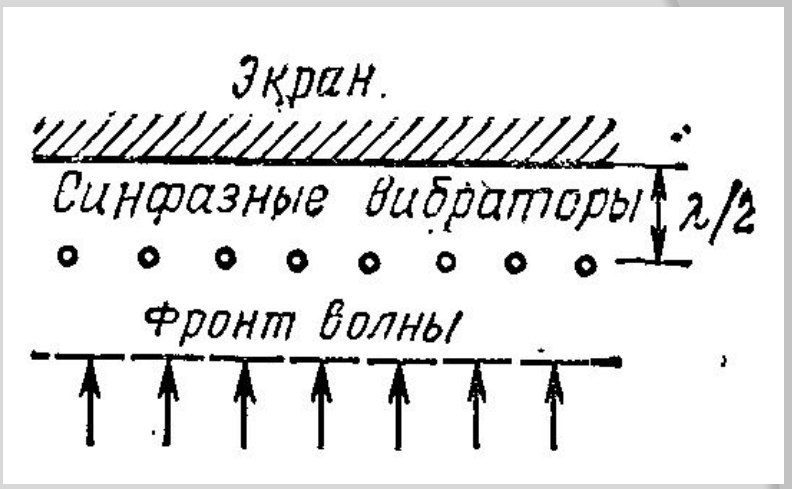


Рис. 4.29. Формирование фронта волны рядом синфазных вибраторов.

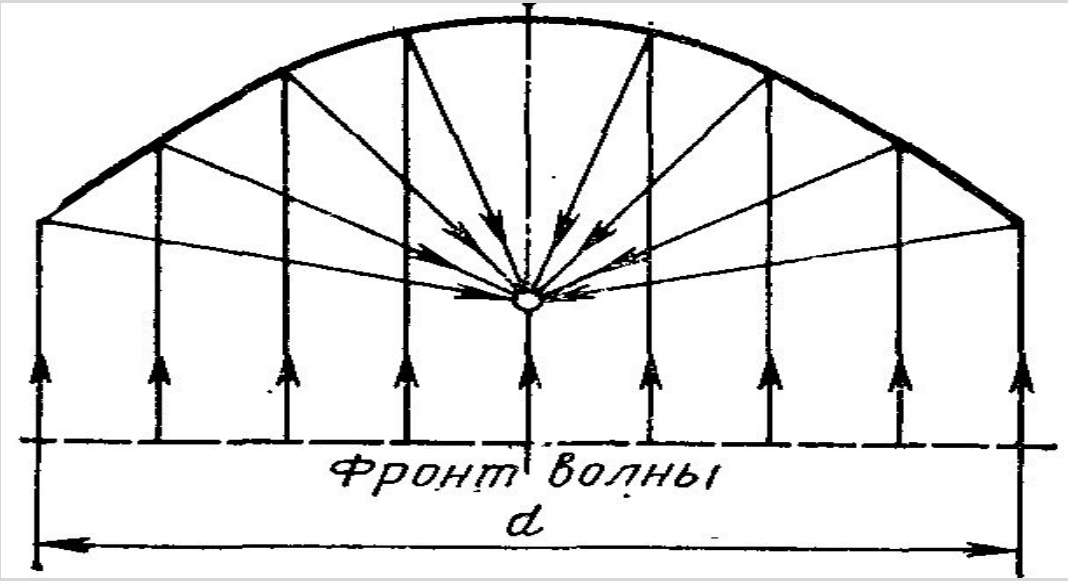


Рис. 4.30. Формирование плоского фронта волны параболическим отражагелем.

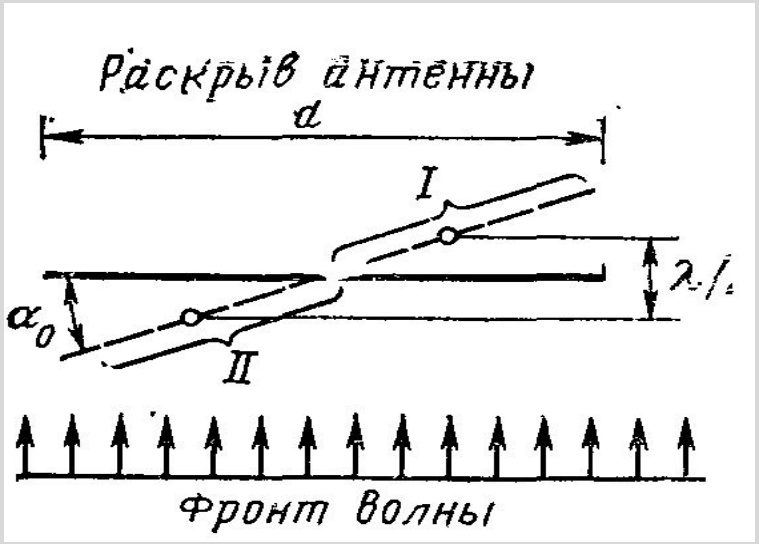


Рис. 4.31. Положение раскрыва антенны при максимальном и нулевом приеме.

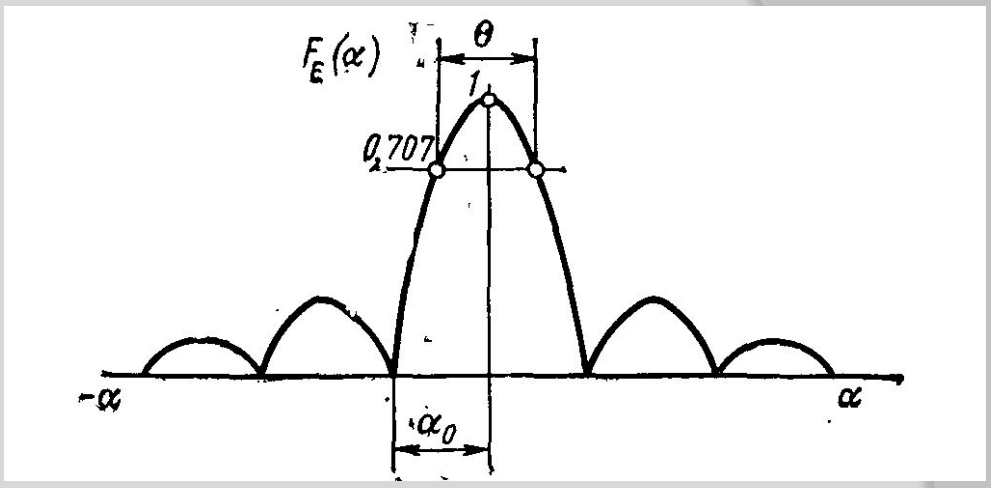


Рис. 4.32. Диаграмма направленности антенны по напряженности поля.

$$\alpha_0 = \frac{\lambda/2}{d/2} = \frac{\lambda}{d} \text{ рад.} \qquad (4.4)$$

$$\theta = \lambda/d. \qquad (4.5)$$

$$\theta_г = \lambda/d_г, \qquad (4.6)$$

$$\theta_в = \lambda/d_в \qquad (4.7)$$

.- Ширина луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях

$$\Omega \approx \theta_г\theta_в = \lambda^2/d_г d_в = \lambda^2/S, \qquad (4.8)$$

-телесный угол

$$D(\alpha, \beta) = D \cdot F(\alpha, \beta), \qquad (4.10)$$

-коэффициент направленного действи

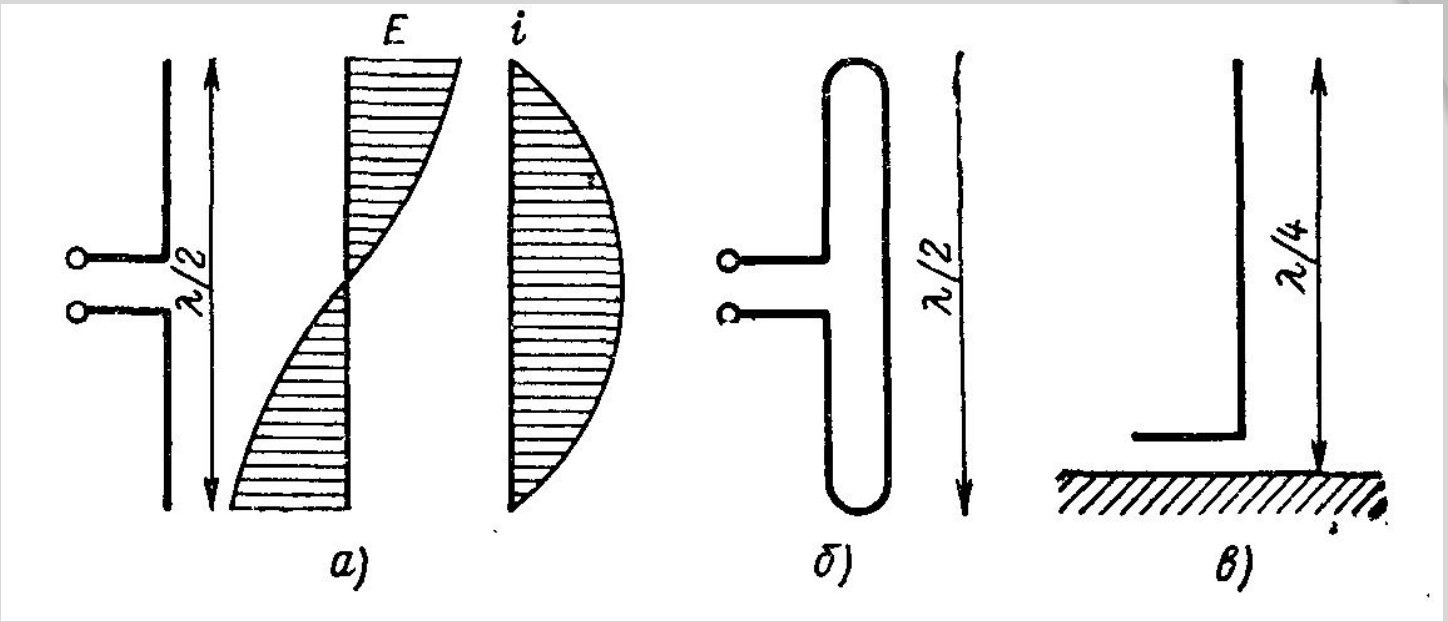


Рис. 4.34. Вибраторные антенны: полуволновой вибратор (*а*), петлевой вибратор (*б*), четвертьволновой вибратор (*в*).

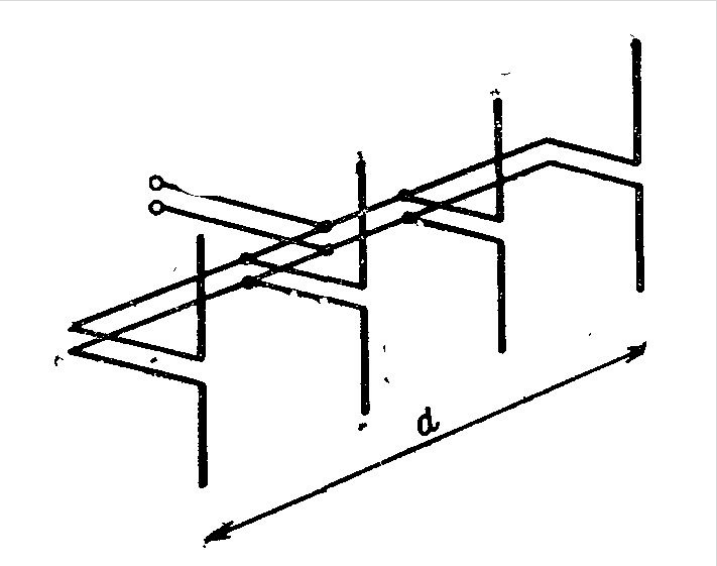


Рис. 4.35. Синфазная антенна.

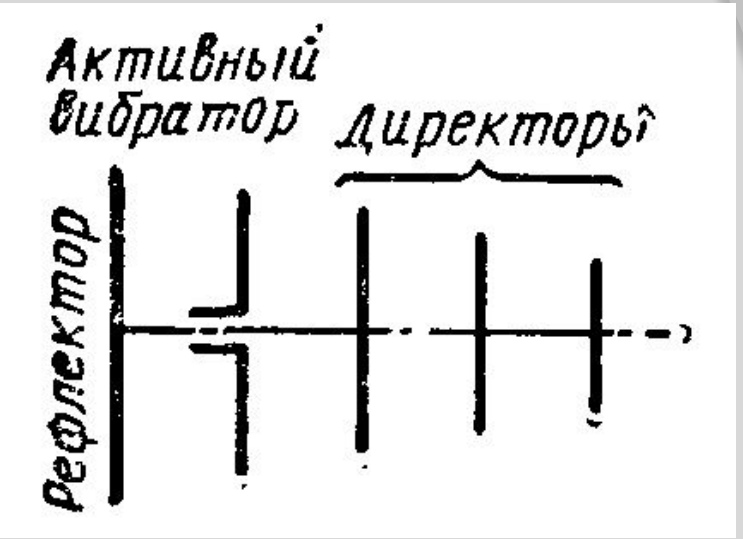


Рис. 4.36. Антенна — волновой канал.

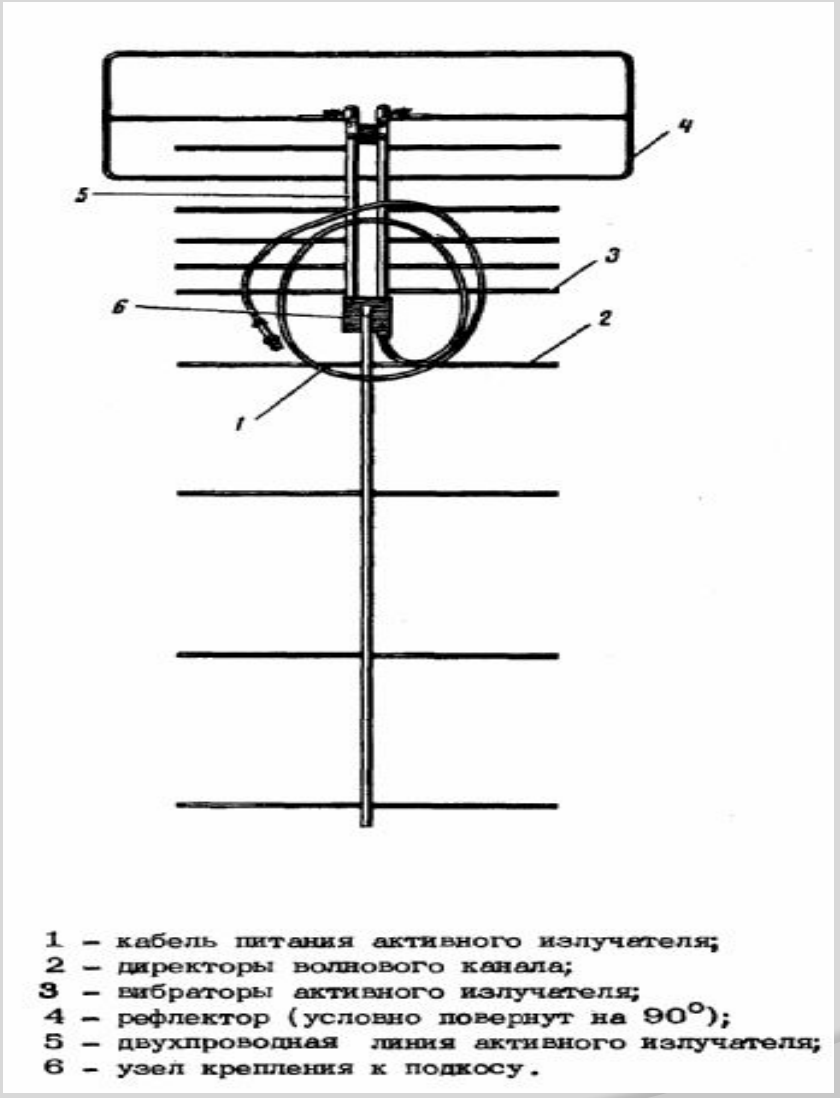


Рис. Волновой канал антенны (стрела)

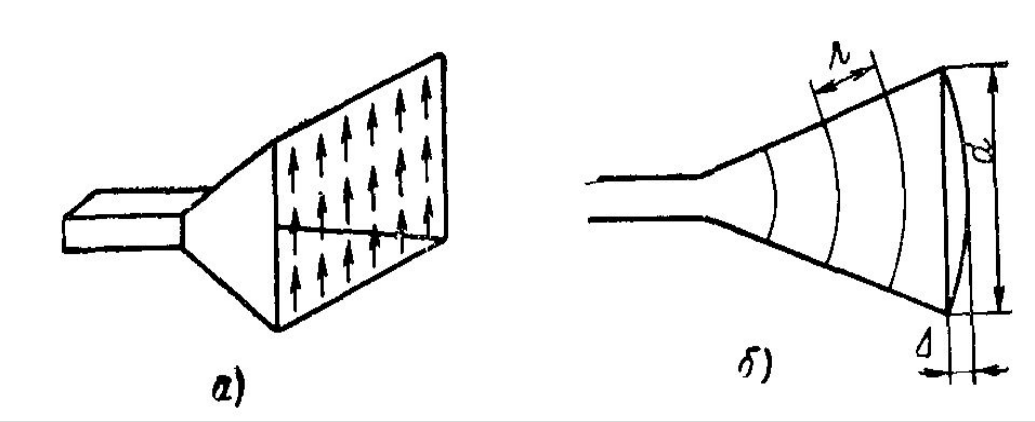


Рис. 4.38. Рупорная антенна: синфазный фронт волны в раскрыве (*а*), отклонение фронта волны от плоскости раскрыва (*б*).

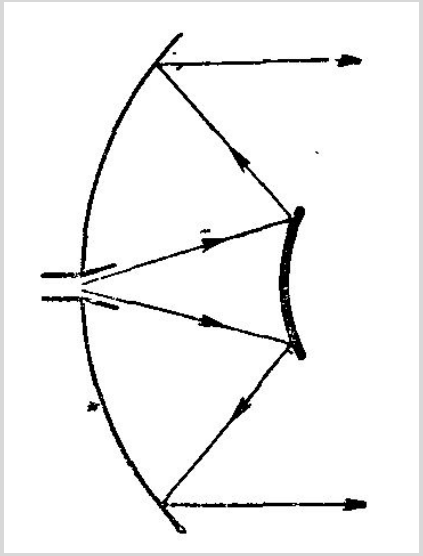


Рис. 4.39. Параболическая антенна с контррефлектором.

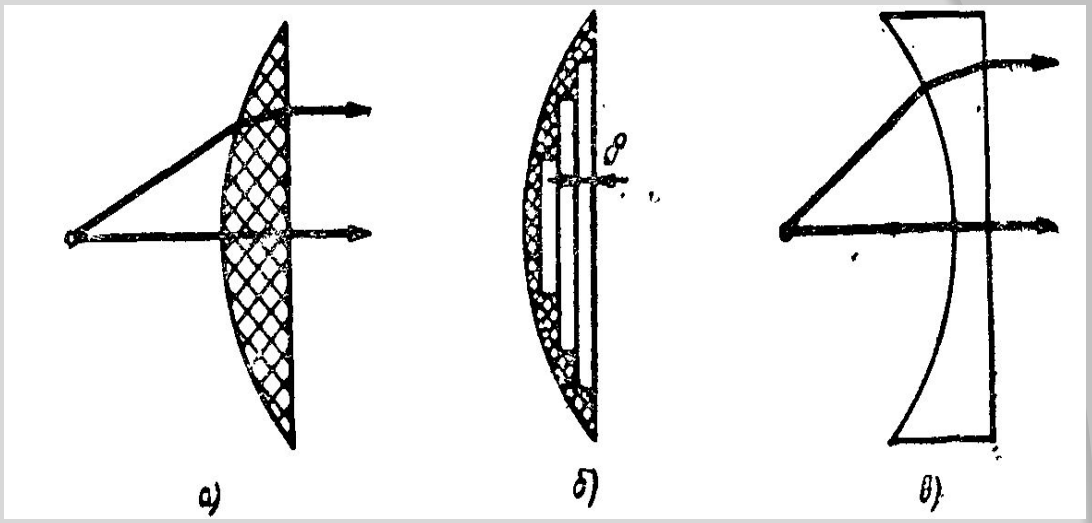


Рис. 4.40. Линзовые антенны: диэлектрическая (*а*), диэлектрическая зонированная (*б*), металлическая (*в*).

Антенны дальномера и высотомера представляют собой плоские антенные решетки полуволновых вибраторов, параллельные отражателю (рис.5.6).

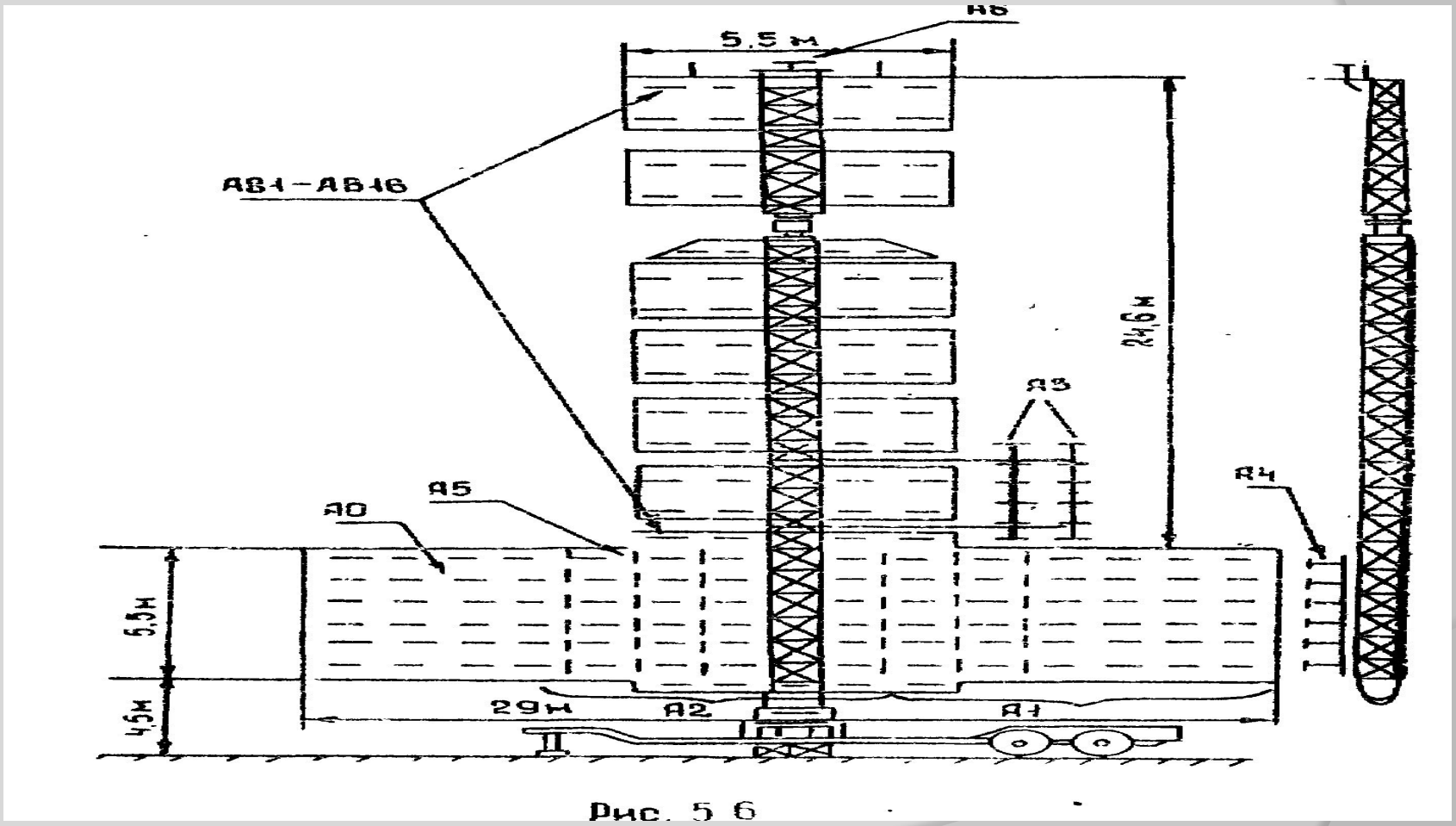


Рис. 5.6

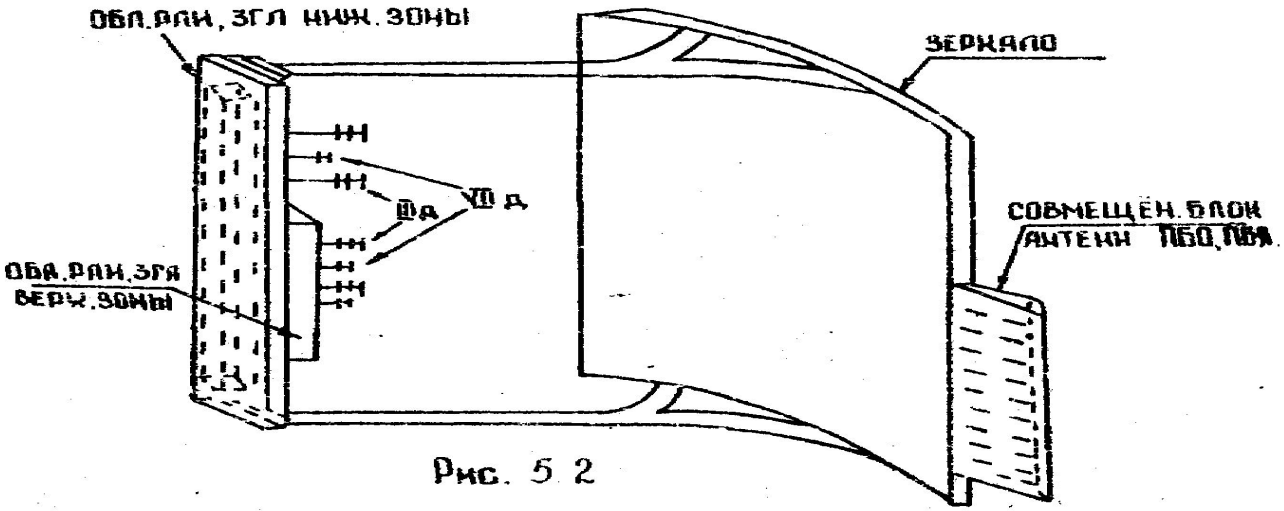

ОБЛ.РЛИ, ЗГЛ НИЖ. ЗОНЫ
ЗЕРКАЛО
УП д.
Пд.
СОВМЕЩЕН. БЛОК АНТЕНН ПБО, ПБЛ.
ОБЛ.РЛИ.ЗГЛ ВЕРХ.ЗОНЫ

Рис. 5.2

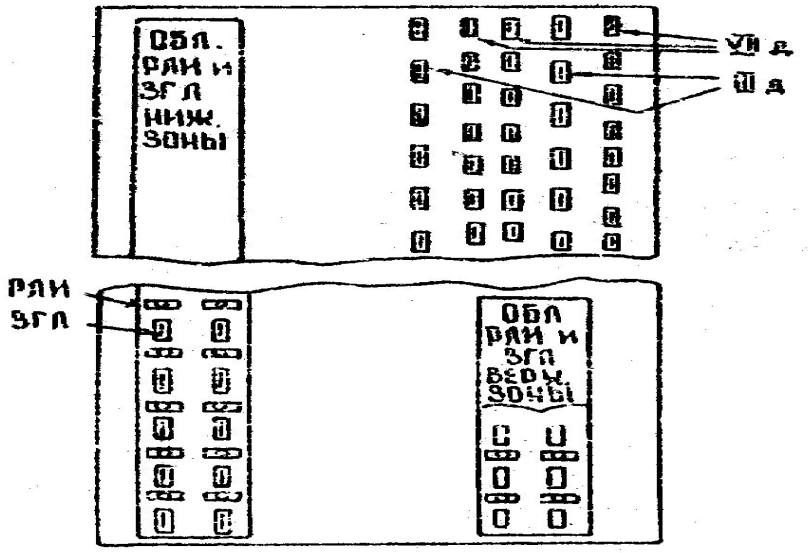

ОБЛ. РЛИ и ЗГЛ НИЖ. ЗОНЫ
УП д.
Пд.
РЛИ ЗГЛ
ОБЛ РЛИ и ЗГЛ ВЕРХ. ЗОНЫ

Рис. 5.3

Задание на самоподготовку

Литература

Справочник по основам радиолокационной техники

Антенны. Шифрин.

Учебные вопросы

Элементы ВЧ тракта РЛС выполненные на коаксиальных линиях

Мостовые схемы ВЧ тракта

Современные тенденции в конструировании ВЧ тракта и антенных систем.

Особенности приема и передачи электромагнитной энергии в цифровых антенных решётках