



Радионавигационные системы

Предмет «Радионавигационные системы» предусматривает изучение радиомаячных систем посадки, автоматических радиопеленгаторов, радиотехнических систем ближней навигации.

Базируется на ранее изученных дисциплинах:

- «Электротехника»;
- «Электроника»;
- «Радиотехнические цепи и сигналы»;
- «Метрология и электрорадиоизмерения»;
- «Приём и обработка сигналов»;
- «Формирование и передача сигналов»;
- «Микропроцессорные устройства РЭО»;
- «Теоретические основы радионавигации»;

Раздел I. Радиотехнические системы посадки	60 час.
Раздел II. Радиотехнические системы ближней навигации	60 час.



Радионавигационное средство (радиотехническое средство навигации) – это устройство, расположенное на борту, на земле или даже в космосе, основанное на использовании радиоволн и предназначенное для решения навигационных задач.

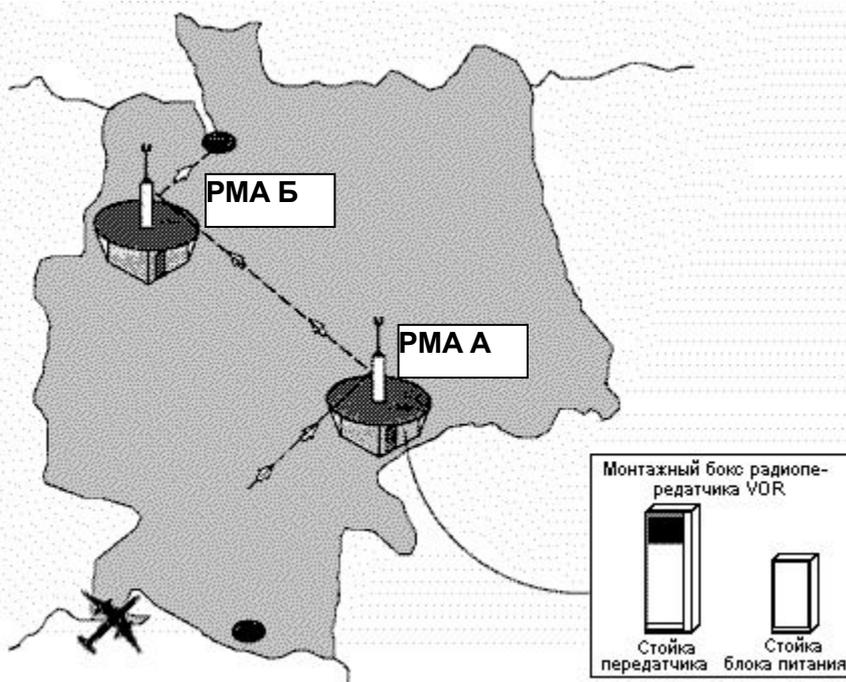
Радионавигационные средства делятся на **автономные** и **неавтономные**.





Радиомаяк азимутальный PMA-90

Система азимутальной навигации (VOR) и ее возможности



Использование системы PMA/PMД-90 при навигационных определениях ВС в полёте

При одновременном приеме бортовой аппаратурой сигналов двух VOR может быть определено положение воздушного судна. Для этого необходима карта и знание местоположения радиомаяков. VOR может объединяться с дальномерным радиомаяком DME/N.

В этом случае при наличии на борту воздушного судна соответствующей дальномерной аппаратуры достаточно одного совмещенного радиомаяка VOR/DME для определения положения воздушного судна в системе полярных координат «азимут - дальность».



Радиомаяк азимутальный РМА-90:

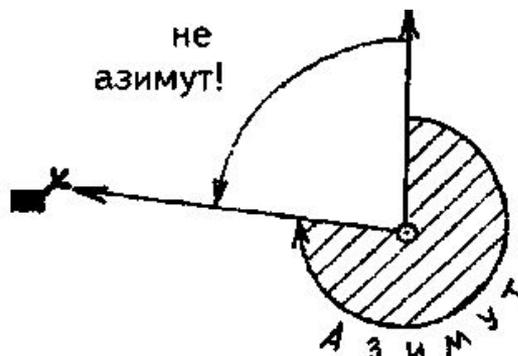
- Назначение, основные технические характеристики и параметры, состав, размещение на местности.
- Антенно-фидерная система РМА. Взаимодействие элементов в процессе формирования диаграммы направленности антенны в форме вращающейся кардиоиды.
- Радиопередающее устройство: назначение, основные технические характеристики, принцип построения, взаимодействие элементов по структурной схеме.
- Аппаратура управления, контроля и диагностики.



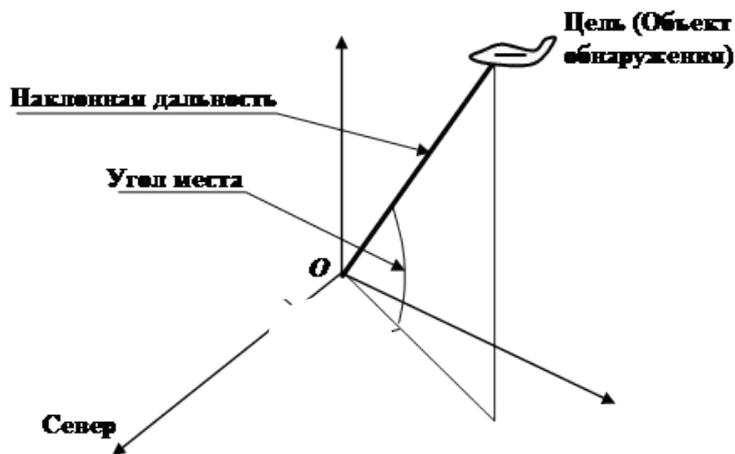


Радиомаяк азимутальный РМА-90

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



Азимут ЛА — угол в горизонтальной плоскости между северным направлением меридиана, проходящего через РНТ, и направлением от РНТ на проекцию ЛА, отсчитываемый по ходу часовой стрелки.



Дальность действия СБН — максимальное расстояние от РНТ до ЛА, на котором информация о местоположении ЛА в виде азимута и (или) дальности выдается с заданной погрешностью и вероятностью.

Дальность наклонная — кратчайшее расстояние между ЛА и РНТ.

Запрос дальности — дальнеомерный сигнал, излучаемый по линии связи «ЛА—РМ».

Запрос индикации — индикаторный сигнал, излучаемый в системе типа РСБН по линии связи «РМ—ЛА».

Зона над РМ нерабочая — телесный угол над РМ с вершиной в точке размещения антенны РМ, в пределах которого невозможно определение местоположения ЛА.



Радиомаяк азимутальный PMA-90

VOR — Всенаправленный азимутальный радиомаяк (англ. VHF Omni-directional Radio Range)

DME — Всенаправленный дальномерный радиомаяк (англ. Distance Measuring Equipment)

Система VOR/DME основана на фазовом методе определения азимута и временном методе определения дальности.

Система образуется при территориальном совмещении АРМ типа VOR и ДРМ типа DME, которые могут использоваться самостоятельно, образуя соответственно угломерную или дальномерную СБН.

На борту ЛА для определения азимута и дальности служат отдельные устройства.

АРМ работает в диапазоне метровых, а ДРМ — дециметровых

VOR (PMA-90) предназначен для формирования в пространстве навигационных сигналов, содержащих информацию об азимуте любой точки зоны действия относительно точки установки радиомаяка, и сигналов опознавания радиомаяка.



Радиомаяк азимутальный РМА-90

Нормальная работа радиомаяка обеспечивается в условиях:

- температуры окружающего воздуха:
 - для устройств размещенных внутри аппаратной от минус 10 до плюс 40 С,
 - для устройств размещенных вне аппаратной от минус 50 до плюс 50 С;
 - относительной влажности воздуха до 95 % при температуре не выше плюс 25 С;
 - непосредственного воздействия атмосферных осадков и солнечной радиации;
 - ветровых нагрузок при скорости ветра до 50 м/с.
- Температура в аппаратных поддерживается в пределах от плюс 5 до плюс 40 градусов Цельсия с помощью кондиционера и обогревателей.



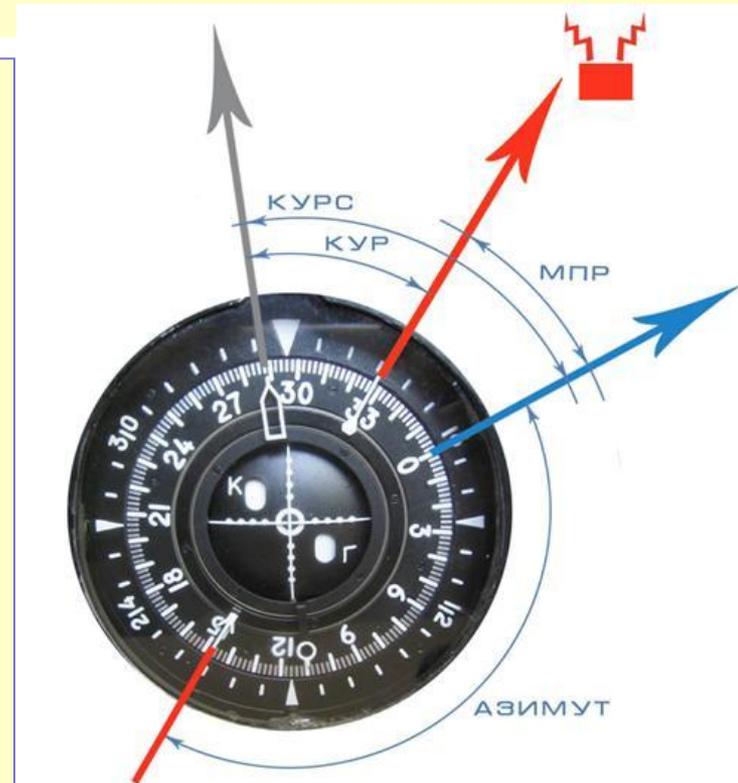
Радиомаяк азимутальный РМА-90

Система азимутальной навигации (VOR) и ее возможности

Радиомаяк VOR излучает в пределах зоны действия навигационные сигналы, содержащие информацию об азимуте, сигнал опознавания с отличительными признаками радиомаяка и может излучать сигналы РТС.

Система обеспечивает получение на борту воздушного судна:

- информации об азимуте воздушного судна, т.е. угле между направлением на Север и направлением «радиомаяк - самолет» относительно места установки радиомаяка;
- об отклонении воздушного судна от заданной линии курса (линии положения);
- о направлении полета относительно радиомаяка, «на» или «от» него;
- об отличительном признаке радиомаяка;
- речевых сообщений.

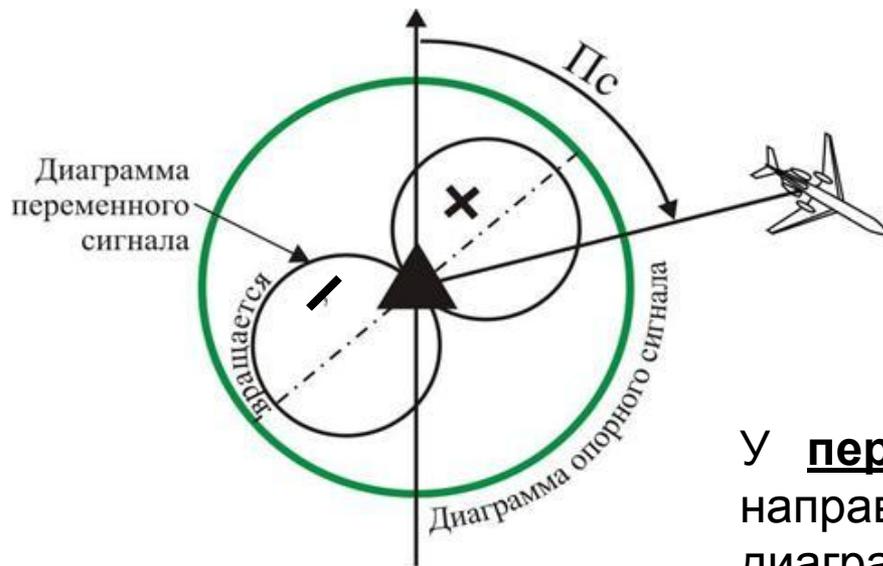




Радиомаяк азимутальный РМА-90

Принцип получения азимутальной информации

На одной и той же несущей частоте радиомаяк излучает два вида сигналов по двум диаграммам направленности: **опорный** сигнал и **переменный** сигнал.



Опорный сигнал промодулирован по частоте огибающей синусоидой с частотой 30 Гц и имеет круговую диаграмму направленности, то есть излучается одинаково во все стороны. В любой точке пространства фаза огибающей опорного сигнала одинакова.

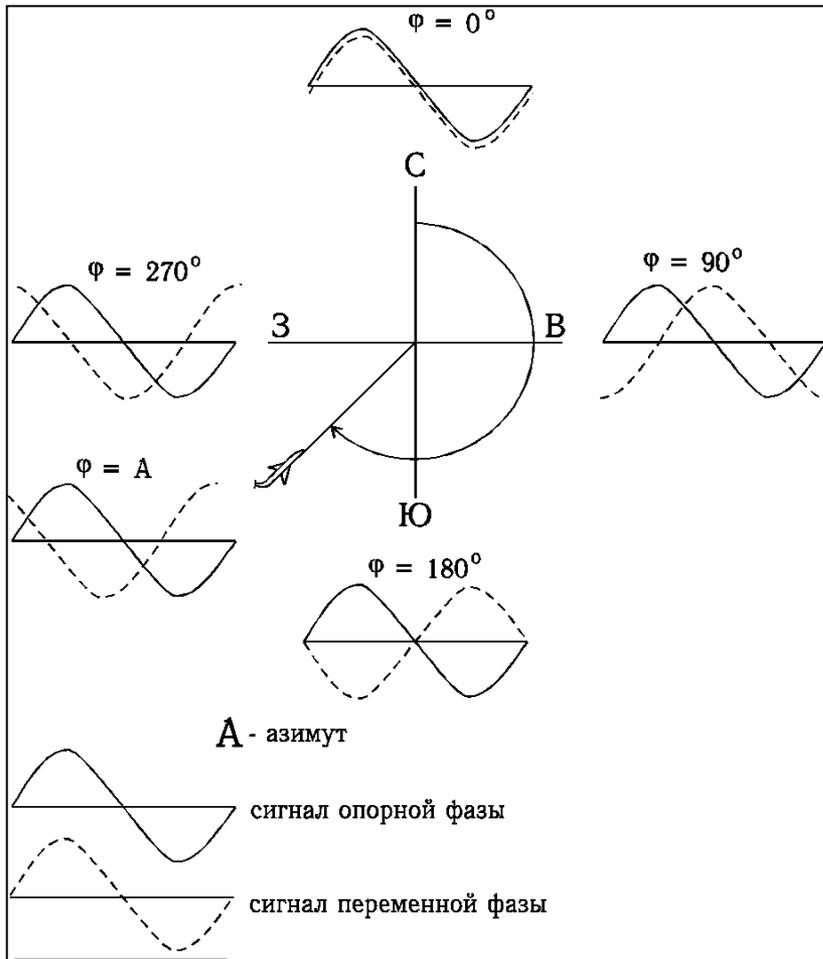
У переменного сигнала диаграмма излучения направленная и имеет форму «восьмерки». эта диаграмма вращается вокруг вертикальной оси со скоростью 30 оборотов в секунду

А 30 оборотов в секунду это и есть 30 Гц. В результате получается, что в любой точке пространства амплитуда принимаемого сигнала меняется с частотой 30 Гц, то есть сигнал оказывается амплитудно промодулированным этой частотой. При этом фаза огибающей будет различной по разным направлениям от радиомаяка.



Радиомаяк азимутальный РМА-90

Принцип получения азимутальной информации



В направлении на север, где пеленг равен нулю, фазы огибающих опорного и переменного сигналов совпадают. По любому другому направлению эти два сигнала оказываются сдвинутыми по фазе как раз на такую величину, которая равна углу между северным направлением меридиана и данным направлением. **А** ведь это и есть пеленг этого направления **Пс**.

Разумеется, в любой точке пространства оба сигнала (опорный и переменный) складываются, но бортовое оборудование позволяет их разделить – ведь в одном из них использована **частотная модуляция**, а в другом – **амплитудная**. Эти две выделенные огибающие сдвинуты по фазе друг относительно друга.

Данный сдвиг, выявленный бортовым оборудованием и выраженный в градусах, и является пеленгом данной точки от радиомаяка.



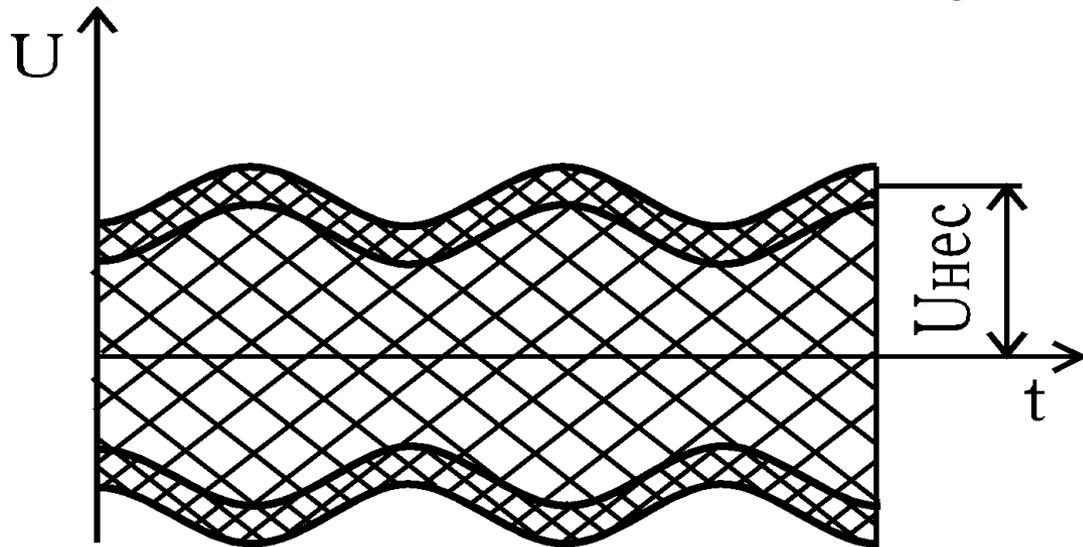
Радиомаяк азимутальный PMA-90

Особенности сигналов с форматом VOR

Для передачи сигналов опорной и переменной фазы, сигнала опознавания и сигналов PTC используются несущие ВЧ колебания одной частоты в диапазоне **108...118 МГц**.

На входы фазоизмерительной части бортовой аппаратуры НЧ колебания опорной и переменной фазы одной частоты должны подаваться отдельно.

Для обеспечения возможности разделения сигналов переменной и опорной фазы первые передаются в виде огибающей АМ с частотой 30 Гц несущих ВЧ колебаний, вторые - в виде огибающей ЧМ с частотой 30 Гц поднесущих колебаний со средней частотой 9960 Гц и девиацией ± 480 Гц, которые, в свою очередь, являются огибающей АМ несущих ВЧ колебаний.



При этом коэффициент АМ сигнала переменной и опорной фазы равен 30%, а осциллограмма суммарного сигнала в любой точке зоны действия радиомаяка имеет вид, показанный на рисунке.



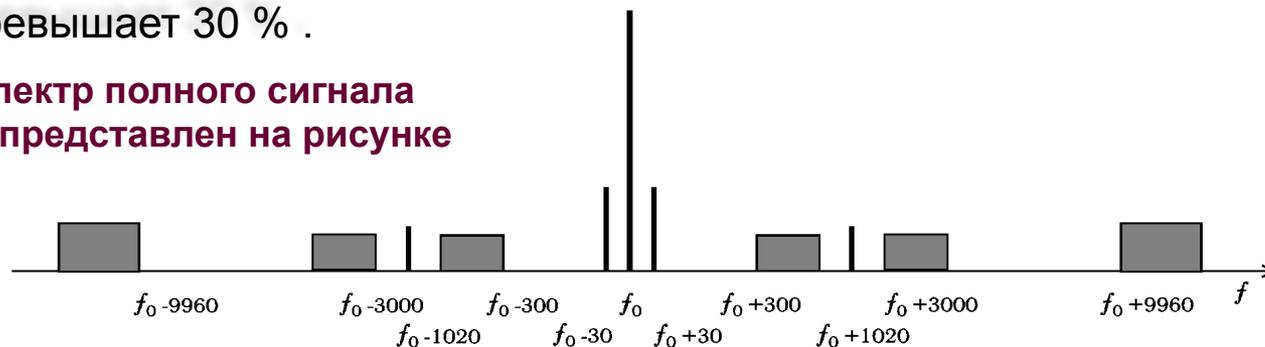
Радиомаяк азимутальный РМА-90

Полный сигнал радиомаяка помимо сигналов опорной и переменной фазы включает в себя сигнал опознавания и может включать сигнал РТС.

Сигнал опознавания образуется посредством АМ несущих ВЧ колебаний тональной поднесущей с частотой **1020 Гц**, манипулированной по амплитуде посылками Морзе, соответствующими буквенному коду радиомаяка. Номинальное значение коэффициента АМ сигнала опознавания - 5 % .

Сигнал РТС образуется посредством АМ несущих ВЧ колебаний НЧ колебаниями в диапазоне от **300 до 3000 Гц**, соответствующими речевым сообщениям. Коэффициент АМ сигнала РТС не превышает 30 % .

Линейный спектр полного сигнала радиомаяка представлен на рисунке



Он содержит следующие составляющие:

- несущие колебания (f_0);
- две боковые частоты ($f_0 \pm 30$);
- две боковые полосы частот — несущая, модулированная по амплитуде речевыми сигналами — от ($f_0 \pm 300$) до ($f_0 \pm 3000$);
- две боковые частоты ($f_0 \pm 1020$);
- две боковые полосы - несущие колебания, модулированные по амплитуде поднесущей 9960 Гц, которая, в свою очередь, модулирована по частоте — [$f_0 \pm (9960 \pm 480)$].



Радиомаяк азимутальный РМА-90

Основные параметры и технические характеристики радиомаяка соответствуют требованиям и рекомендациям ИКАО.

Электропитание радиомаяка:

— основное и резервное от аэродромных трехфазных сетей переменного тока частотой $50 \text{ Гц} \pm 3 \%$ и напряжением $380 \text{ В} \pm 10 \%$;

— аварийное от аккумуляторных батарей в течение времени не менее 30 мин.

Мощность, потребляемая радиомаяком от трехфазной сети, не более 6000 В·А, основной аппаратурой радиомаяка — не более 600 В·А.

В шкафу радиомаяка предусмотрено стопроцентное «холодное» резервирование аппаратуры формирования модулирующих сигналов, аппаратуры модуляции и усиления, ВЧ тракта и аппаратуры контроля и обработки сигналов.

Переход на резервную аппаратуру — автоматический.

Время перехода на резервную аппаратуру — не более 10 с.

Время включения подготовленного к работе радиомаяка — не более 2 мин.

Управление радиомаяком может быть местным и дистанционным.

Дистанционное управление осуществляется с использованием блока ДУ по проводной (телефонной) линии связи на удалении от 0,5 до 10 км.

Световая и звуковая сигнализация о состоянии радиомаяка обеспечивается панелями информации, размещаемыми на удалении до 500 м от блока ДУ.

Радиомаяк не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Система терморегулирования обеспечивает поддержание температуры воздуха внутри аппаратной в пределах от 5 до 40 °С.

Среднее время наработки на отказ — не менее 3 000 ч.

Средний технический ресурс — 80 000 ч.

Средний срок службы — 15 лет.

Основные технические характеристики VOR (PMA-90)

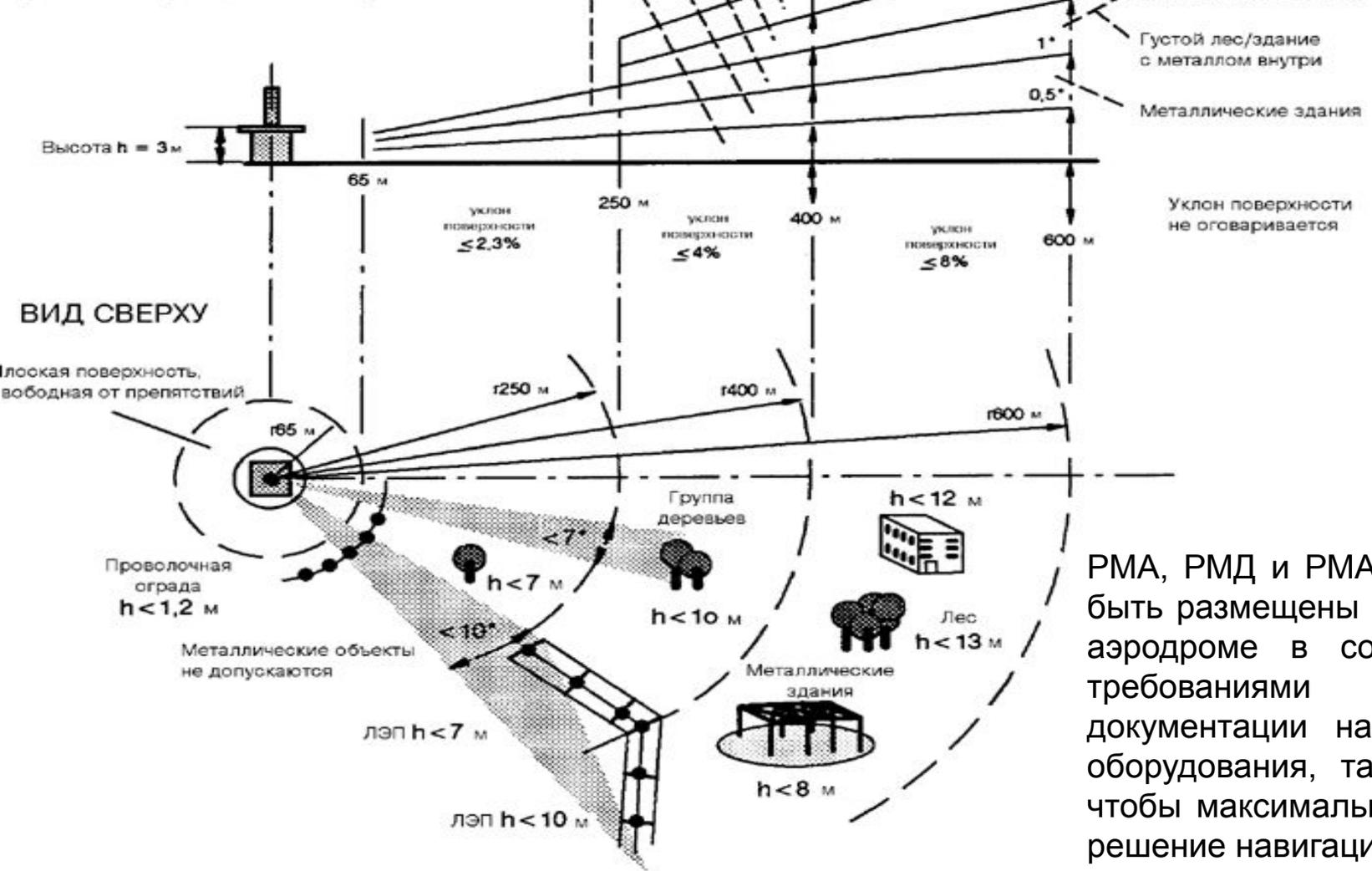
Зона действия:	
— в горизонтальной плоскости	от 0 до 360
— в вертикальной плоскости (относительно поверхности ограничения прямой видимости), град	не более 3
— снизу, град	не менее 40
— сверху, град по дальности:	не менее 300
— на высоте 12000 м, км	не менее 100
— на высоте 6000 м (при половинной мощности), км	не менее 90
Напряженность поля на границе зоны действия, мкВ/м	
Поляризация излучения	горизонтальная
Погрешность информации об азимуте в точках на удалении 28 м от центра антенны, град	не более 1
Частота рабочего канала (несущих колебаний), одно из дискретных значений в диапазоне	108,000-117,975 МГц через 50 кГц
Отклонение частоты несущих колебаний, %	± 0,002
Мощность несущих колебаний (регулируемая), Вт	от 20 до 100
Габаритные размеры и масса шкафа PMA	496x588x1724 мм; не более 200 кг
Диаметр экрана антенны PMA	5000 мм
Масса антенны PMA	
без экрана	130 кг
с экраном	600 кг



Радиомаяк азимутальный РМА-90

Размещение на местности

- отдельные деревья с высотой до 12 м
- группы деревьев
- телефонные линии
- металлические здания
- радиально ориентированные ЛЭП до 10 кВ
- проволочная ограда высотой до 1.2 м
- деревянные постройки, отдельные деревья высотой до 7 м

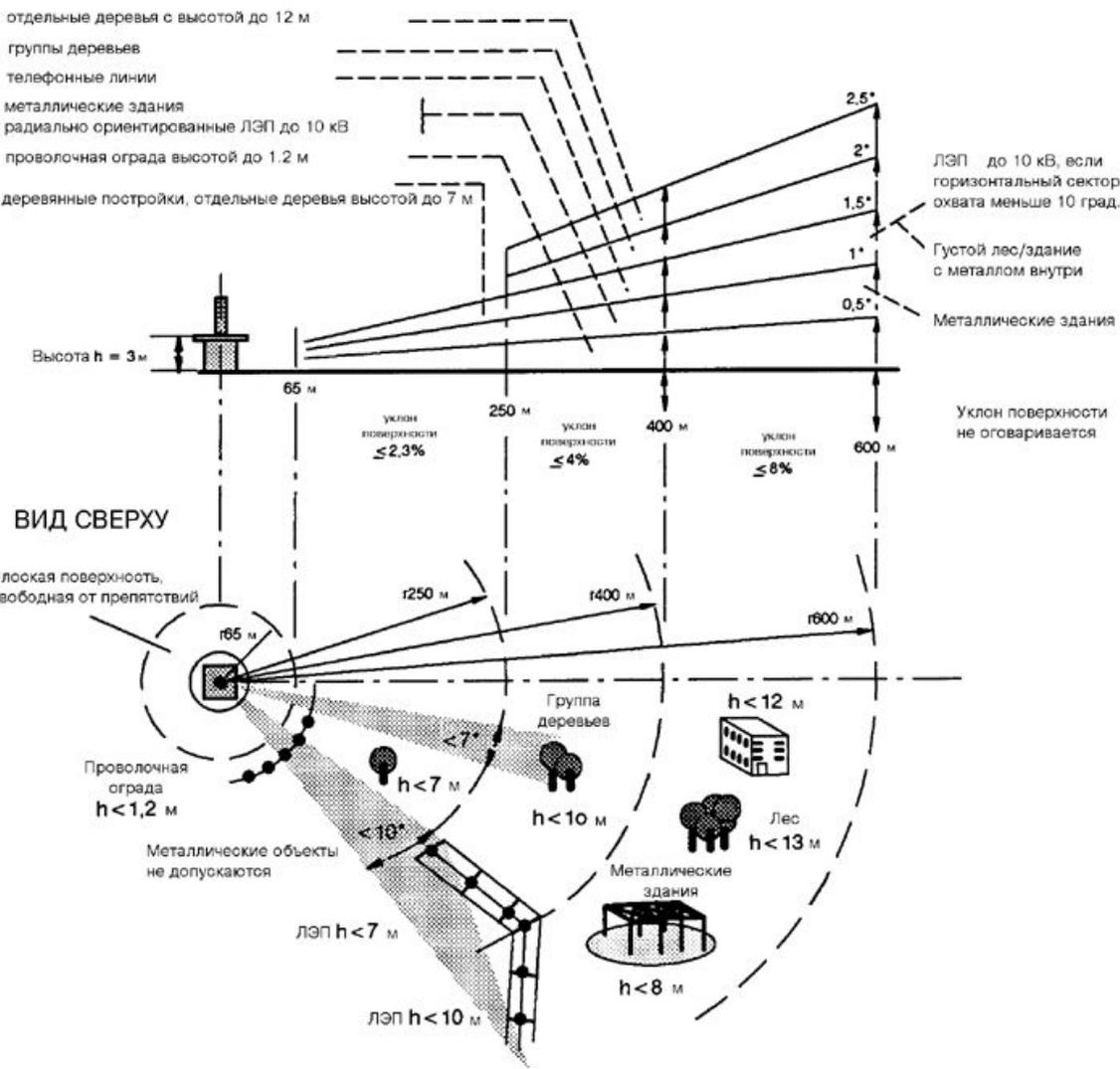


РМА, РМД и РМА/РМД должны быть размещены на трассе или аэродроме в соответствии с требованиями технической документации на данный тип оборудования, таким образом, чтобы максимально обеспечить решение навигационных задач.



Размещение на местности

Радиомаяк азимутальный РМА-90



Место размещения РМА должно быть ровным или иметь уклон не более 4% на расстоянии до 400 м от маяка. Место установки РМА должно находиться возможно дальше от ограждений и воздушных проводных линий, высота которых должна быть относительно центра антенны составляет угол не более 0,5 град. Сооружения не должны находиться ближе 150 м от позиции и иметь угол места более 1,2 град. Антенное устройство РМД должно быть расположено над антенным устройством маяка РМА при использовании приемопередчика РМД совместно с маяком РМА. Допускается разнесение антенных устройств РМД и РМА на расстояние не более 30 м при обеспечении полетов в районе аэродрома и не более 600 м при обеспечении полетов по воздушным трассам.



Радиомаяк азимутальный РМА-90

В состав аппаратной, как показано на рисунке 4, входят:

- шкаф РМА;
- панель ввода (ПВ).
- аппаратура вспомогательная (АВ);

5.3 В составе шкафа РМА условно можно выделить следующие функциональные части (см. рисунок 4):

- 1) ВЧ тракт;
- 2) аппаратуру формирования сигналов модуляции (АФСМ): основную (1) и резервную (2);
- 3) аппаратуру модуляции и усиления (АМУ): основную (1) и резервную (2);
- 4) аппаратуру контроля и обработки сигналов (АКО): основную (1) и резервную (2);
- 5) аппаратуру управления и проверки (АУП);
- 6) аппаратуру контроля и управления питанием (АКУП).

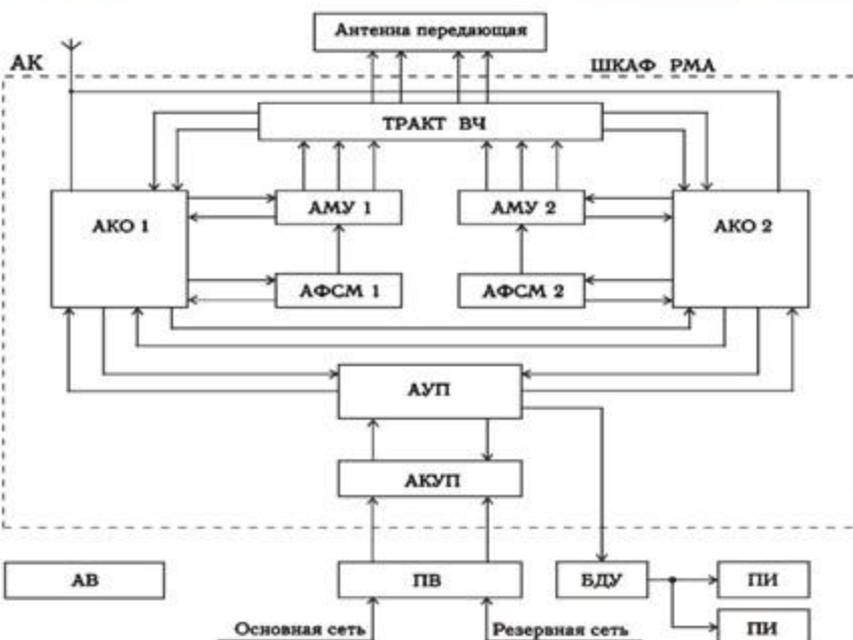
Перечень функционально и конструктивно законченных узлов (печатных плат, модулей, устройств и т.п.), входящих в шкаф РМА и блок ДУ, приведен в таблице 3. Количество узлов в таблице указано с учетом входящих в резервные части аппаратуры.



Радиомаяк азимутальный

РМА-90

Описание укрупненной структурной схемы



Формирование зоны действия РМА осуществляется с помощью **передающей антенны**.

ВЧ тракт служит для согласования тракта распределения сигналов по излучателям передающей антенны с трактом аппаратуры шкафа РМА, а также для переключения передающей антенны с основной передающей аппаратуры РМА на резервную.

ВЧ сигналы постоянной и переменной фазы формируются **аппаратурой модуляции и усиления (АМУ1, АМУ2)**.

НЧ модулирующие сигналы, а также сигналы контроля состояния поступают на АМУ с **аппаратуры формирования сигналов модуляции (АФСМ1, АФСМ2)**.

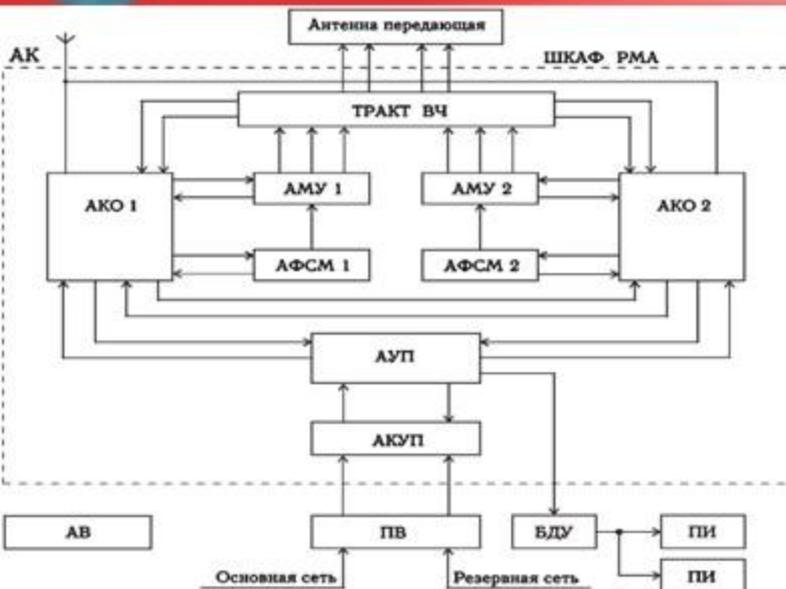
В **аппаратуру контроля и обработки (АКО1, АКО2)** сигналы поступают с контрольных антенн. Здесь эти сигналы преобразовываются и обрабатываются совместно с НЧ сигналами с АМУ и АФСМ. Результирующие управляющие сигналы вновь поступают на АМУ и АФСМ.

АКО1 и АКО2 связаны между собой сигналами синхронизации и сигналами статуса состояний.



Радиомаяк азимутальный РМА-90

Описание укрупненной структурной схемы



Вывод информации о работе РМА с контрольной аппаратурой производится на **аппаратуру управления (АУП)**, который формирует сигналы проверки и контроля АКО и управления трактом ВЧ.

Аппаратура контроля и управления питанием (АКУП) содержит вторичные источники питания, сетевое напряжение на которые поступает через панель ввода, и аварийные источники — аккумуляторные батареи. АКУП осуществляет контроль за параметрами АБ и сетевым напряжением, а также переключение аппаратуры с сетевого электропитания на питание от АБ.

Управление аппаратурой с **дистанционного пункта (блока ДУ)** осуществляется по двухпроводной линии связи через АУП.

Все сигналы контроля и управления, поступающие в аппаратуру с панели управления шкафа РМА, могут быть переданы и с блока ДУ.

Информация с блока ДУ о статусе оборудования дублируется на две **панели информации** по многопроводным линиям связи.

Сетевое напряжение с панели ввода поступает на **вспомогательную аппаратуру**, содержащую кондиционер, обогреватели и систему освещения аппаратной.