



Радиоэлектронные средства наблюдения РЛС "Ли́ра -1" (1Л118)

Двухкоординатная радиолокационная станция кругового обзора "Ли́ра-1" (1Л118) разработана в процессе коренной модернизации радиодальномера 1РЛ139 (П37).

**МОДЕРНИЗАЦИЯ:
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЭКОНОМИЯ
ГАРАНТИЯ**

(от П-37 к «ЛШРЕ-1»)

1. Общие сведения.
2. Состав оборудования, его размещение и особенности построения.
3. Структурная схема РЛС, взаимодействие элементов по схеме.

www.opt-union.ru

Литература:

Ковалевский В.Г. Радиолокационные системы гражданской авиации: учебное пособие.-Красноярск: Красноярский филиал Университета ГА, 2017. С. 61-74



РЛС "Ли́ра -1" (1Л118)

МОДЕРНИЗАЦИЯ:

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЭКОНОМИЯ
ГАРАНТИЯ**

(от П-37 к «ЛИРА-1»)



www.opt-union.ru

Основу парка трассовых радиолокационных станций, используемых для управления воздушным движением на всей территории СНГ, составляют радиолокаторы П-37 (1РЛ139-2) производства Лианозовского электромеханического завода (ЛЭМЗ). В результате длительной эксплуатации они, к сожалению, устарели как физически, так и морально, поэтому сегодня очень остро встал вопрос о поддержании эксплуатационной готовности трассовых радиолокаторов.

Принимая во внимание ограниченность у предприятий авионавигации финансовых ресурсов, ЛЭМЗ разработал и успешно внедрил технологию капитального ремонта и модернизации РЛС П-37, которая позволяет потребителю при минимальных затратах получить практически новую станцию и продлить срок ее эксплуатации на 10 лет. В модернизированных станциях полностью заменена элементная база, используются высокостабильные передатчики на коаксиальных магнетронах, твердотельные приемники с повышенной чувствительностью, новая цифровая аппаратура СДЦ с улучшенными характеристиками по подавлению отражений от местных предметов, установлена аппаратура первичной и вторичной обработки радиолокационной информации и новая система отображения (рабочие места диспетчеров) с применением растровых цветных мониторов с высоким разрешением.

После проведения модернизации тактико-технические характеристики модернизированной РЛС полностью соответствуют спецификации радара «Ли́ра-1» (1Л118), прошедшего государственные испытания и принятого на оснащение ГСГА Минтранса России. На модернизированную станцию завод дает гарантию сроком на 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию и обеспечивает последующую поставку запасных частей в течение срока эксплуатации (10 лет). Оптимальное соотношение эффективность-стоимость, достигаемое при модернизации, привело к большому спросу на выполнение этих работ как в России (заключен и частично выполнен Госконтракт на модернизацию 53 РЛС), так и в других государствах СНГ.



РЛС "Ли́ра -1" (1Л118)



Двухкоординатная радиолокационная станция кругового обзора "Ли́ра-1" (1Л118) разработана в процессе коренной модернизации радиодальномера 1РЛ139 (П37).

РЛС предназначена для использования в системах управления воздушным движением и определения координат (азимут, наклонная дальность) воздушных целей и может использоваться в качестве источника радиолокационной информации в неавтоматизированных и автоматизированных системах УВД с передачей радиолокационной информации по кабельной и модемной линии трансляции.

Основные тактико-технические характеристики:

- Диапазон рабочих частот. **10 см (S)** 2710...3100 МГц
- Максимальная дальность **350 км**
- Угол обзора в вертикальной плоскости **28** или **40 град**
- Разрешающая способность: **по дальности 500 м; по азимуту 1 град**
- Коэффициент подавления отражений от местных предметов **25 дБ**
- Темп обновления информации **10** и **20 с**
- Количество сопровождаемых целей **200**
- Потребляемая мощность не более **50 кВт**



В комплект поставки РЛС входят следующие устройства:

- приемо-передающая кабина с антенной системой;
- аппаратура хронизации, обработки и отображения РЛИ, которая может размещаться либо в кунге на шасси ЗИЛ-131, либо в здании контейнерного типа "Универсал", либо поставляться комплектом для размещения в стационарном здании;
- основная и резервная дизельэлектростанции;
- комплект ЗиП и эксплуатационной документации;
- комплект аппаратуры ВИП-118.



Электропитание осуществляется от штатных средств электроснабжения. Предусмотрена работа РЛС от промышленной электросети 220/380 В 50 Гц. Переход питания от основной электростанции на питание от резервной или промышленной сети осуществляется без перерыва в работе.

Требования к позиции РЛС 1Л118

ОРЛ-Т должен быть размещен таким образом, чтобы обеспечивался радиолокационный контроль за полетами ВС в секторах прохождения воздушных трасс данного района ОВД.

В секторах прохождения воздушных трасс величины углов закрытия по углу места с высоты фазового центра антенны ОРЛ-Т должны быть не более $0,5^\circ$.

Машина №1 1Л118 размещается на специально подготовленной площадке наверху насыпной горки, обеспечивающей превышение фокуса нижней антенны над окружающей местностью, или на специально подготовленной эстакаде.

Углы закрытия при этом не должны превышать шести угловых минут (требование руководства по эксплуатации).

Если на радиолокационной позиции устанавливаются два комплекта РЛС 1Л118 (ЛИРА-1), то направление их взаимного затенения выбирается так, чтобы оно не совпадало с рабочими направлениями РЛС.

Возможна установка машин № 1 на различной высоте над окружающей местностью. В этом случае для одного комплекта РЛС, имеющего большую высоту установки машины №1, сектор затенения отсутствует. А для второго комплекта - направление в пространстве и ширина сектора затенения, определяемые взаимным расположением машин №1 выбирается так, чтобы указанный сектор не совпадал с рабочими направлениями второго комплекта РЛС.

Выходные сигналы РЛС могут передаваться по широкополосной (кабельной) линии связи на расстояние **500 метров**. Антенные системы ОРЛ-Т, используемых автономно, в трассовых АС УВД юстируются по истинному меридиану.



Радиоэлектронные средства наблюдения

Размещение элементов РЛС 1Л118

Машина № 1 представляет собой конструкцию, состоящую из платформы типа 52-У-415М, на которую установлена вращающаяся приемно - передающая кабина (ППК) типа 636А с размещенной в ней приемно-передающей аппаратурой (ППА).

Снаружи ППК установлены:

отражатель верхней антенны

блок облучателей верхней антенны 395ВВ02М;

отражатель нижней антенны

блок облучателей нижней антенны 395ВВ01М;

механизм качания верхней антенны МК-I;

механизм качания нижней антенны МК-II;

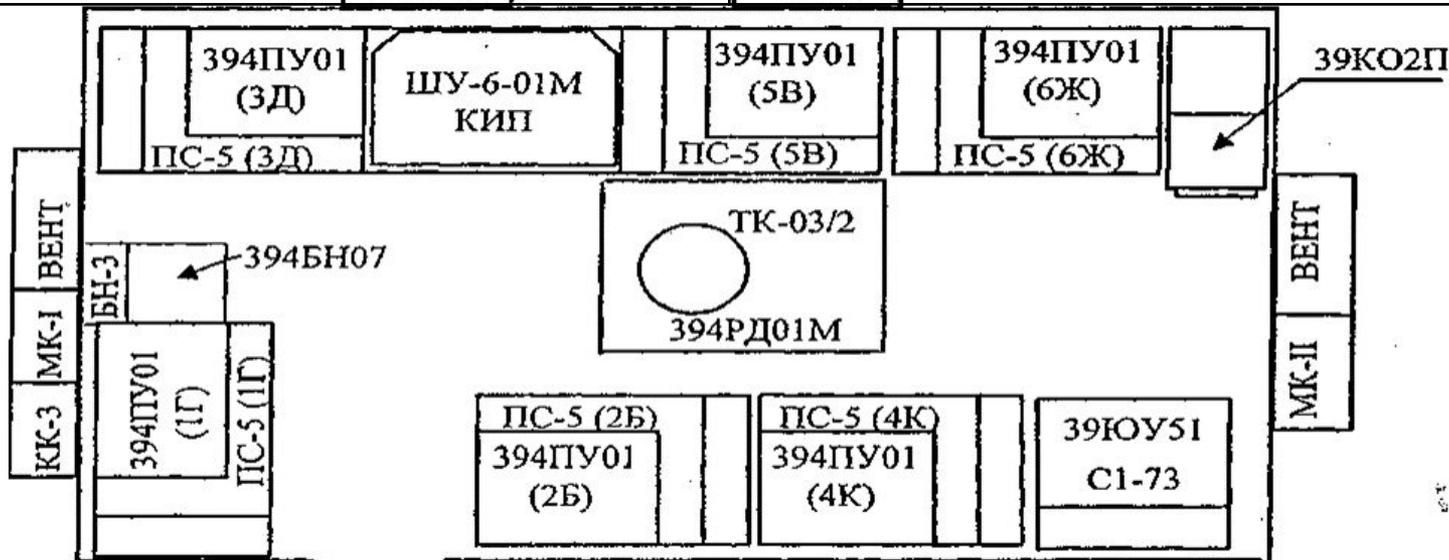
соединительные волноводы;





Внутри ППК расположены

шесть литерных (в соответствии с рабочими частотами) шкафов приемопередатчиков десятисантиметрового диапазона волн	
элементы СВЧ трактов	токоусъемник ТК-03/2
шкаф управления и автоматики ШУ-6-01М	блок главных датчиков 394РД01М
шкаф когерентной обработки сигналов 39К02П	контрольно-измерительная аппаратура
блок телеуправления и телесигнализации (ТУ - ТС)39ЮУ 5;	блок 394БН07
электропривод вращения ППК	вспомогательное оборудование





Выносное оборудование РЛС 1Л118 (ЛИРА-1) включает в свой состав:

1. шкаф аппаратуры отображения 395РР01Б;
2. шкаф дистанционного управления 395УА01МБ;
3. шкаф электропитания 394БН06Б;
4. распределительный щит РЩ-3УБ;
5. распределительный щит РЩ-4УБ;
6. контрольно-измерительную аппаратуру;
7. комплект соединительных проводов и кабелей;
8. вспомогательное оборудование (запасное имущество, инструменты и др.)



Состав выносного оборудования



Радиоэлектронные средства наблюдения

Размещение элементов РЛС 1Л118

Аппаратура первичной и вторичной обработки информации содержит:

- устройства первичной и вторичной обработки сигналов ПРЛ и ВРЛ, а также сигналов госопознавания на базе IBM PC (конструктивно оформлены в шкафу 175ЦЦ03);
- модем и платы выключения.

Аппаратура автоматизации средств отображения (КАСО типа Топаз- 2000 или более поздних модификаций) представляет собой систему мультисрадарной обработки и отображения радиолокационных данных и содержит:

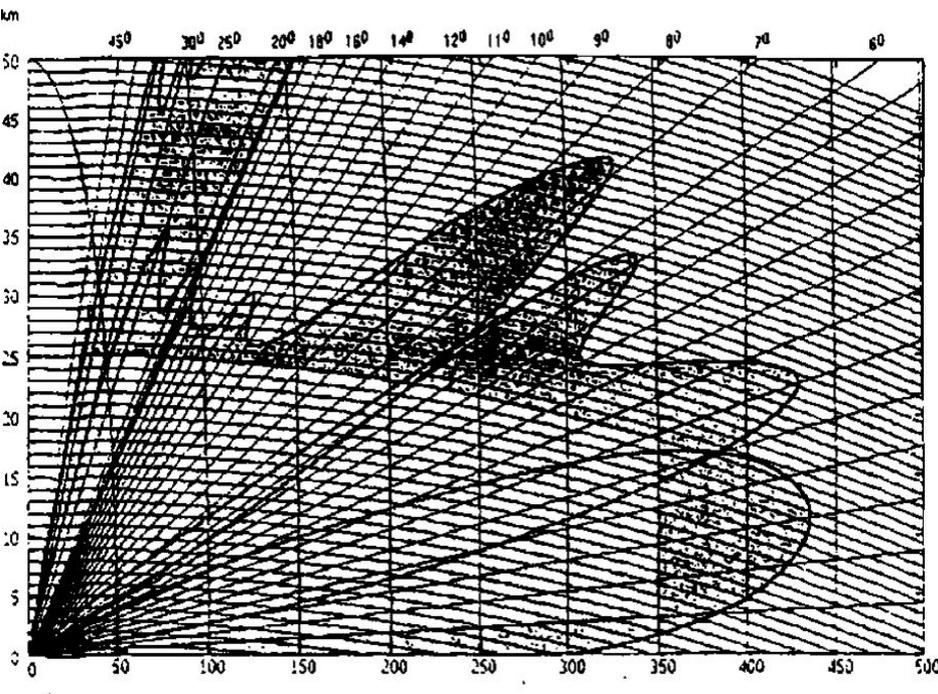
- центральный вычислительный комплекс - дублированный сервер системы в составе автоматизированного рабочего места сменного инженера (технического специалиста) - АРМ-Т;
- рабочие станции - автоматизированные рабочие места персонала центра ОрВД (диспетчеров);
- сетевое оборудование и аппаратуру сопряжения.





РЛС "Лира -1" (1Л118)

Обзор пространства производится путем механического вращения антенного устройства, формирующего диаграмму направленности, состоящую из двух совпадающих в пространстве веерных лучей. Каждый веерный луч формируется трехканальным антенным устройством, на которое работает группа из трех приемо-передающих систем. Зона обнаружения РЛС при установке начального угла верхней антенны на $+12^\circ$ приведена на рис.



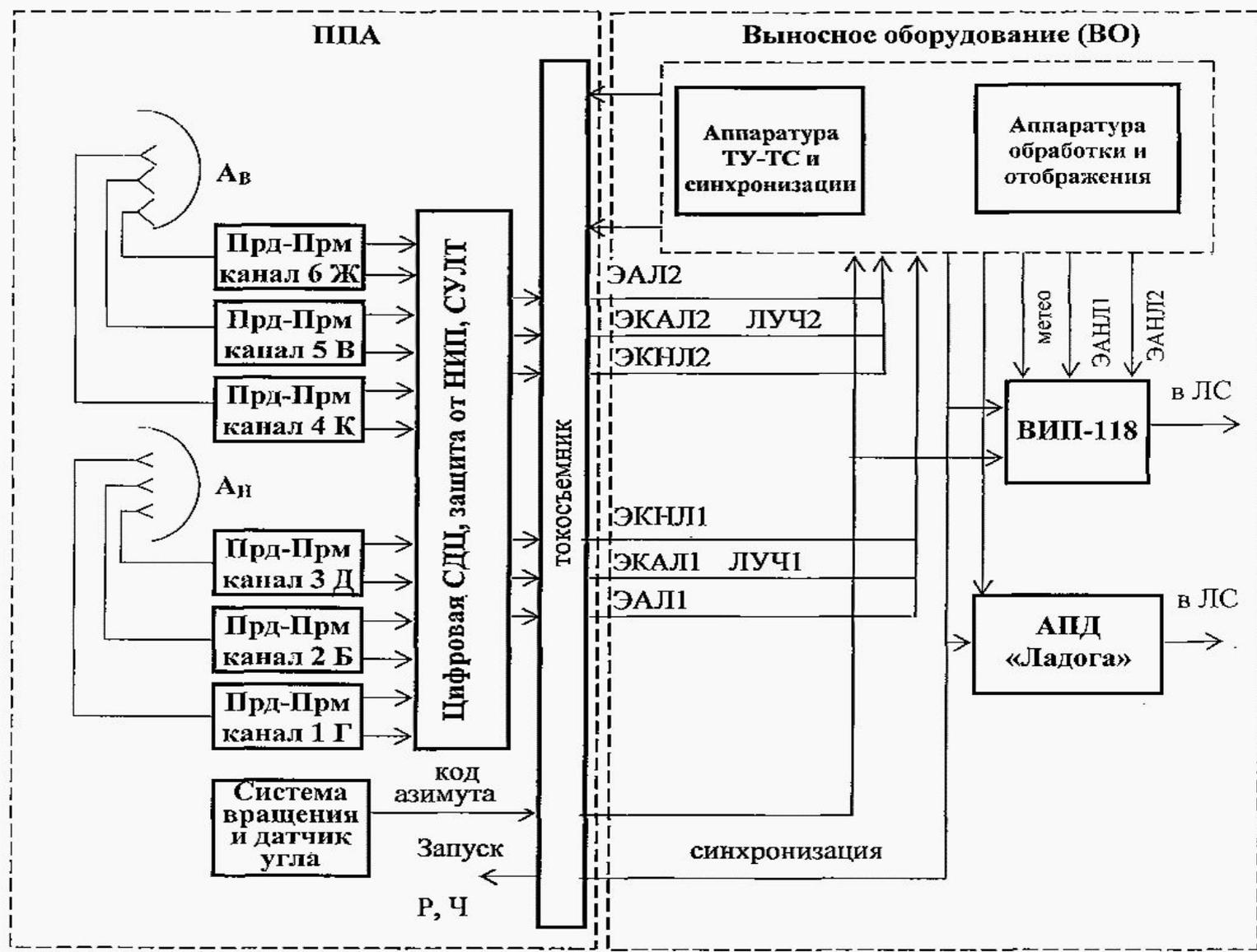
Две группы приемо-передающих систем обеспечивают работу в трех режимах:

1. одна из групп обеспечивает обзор пространства, а другая выключена и находится в резерве;
2. одна из групп обеспечивает работу в ближней зоне с высоким качеством СДЦ, а другая - полную дальность обнаружения;
3. обе группы обеспечивают обзор дальней зоны с целью повышения вероятности обнаружения целей.

РЛС может работать в режиме **редкого** или **частого** зондирования с зоной обнаружения соответственно до 350 км или 120 км.



Обобщённая структурная схема 1Л118

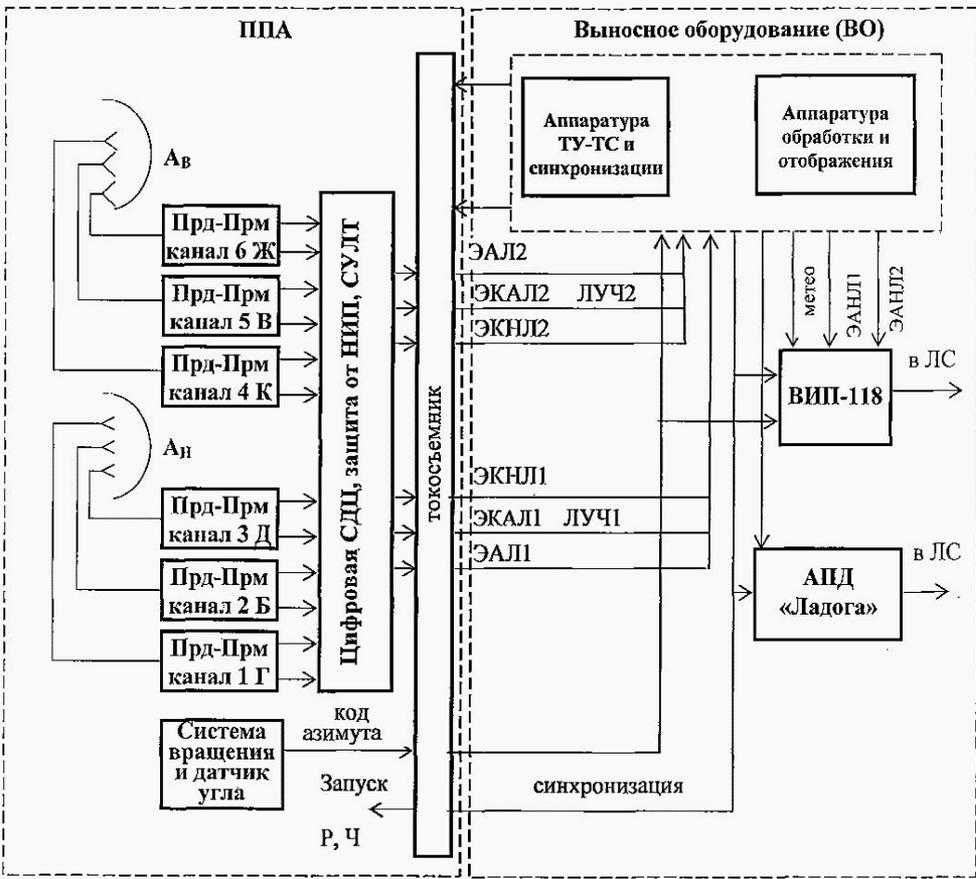




ОРЛ-Т 1Л118 является многоканальной радиолокационной системой, каждый канал которой построен с использованием принципов внутренней и внешней когерентности.

В РЛС входит шесть идентичных по структуре приёмо-передающих каналов (систем), сведённых в две независимые группы. Каждый канал работает на фиксированной (литерной частоте - Г, Б, Д, К, В, Ж).

Каждый из приемопередатчиков первой группы связан посредством отдельного волноводного тракта с соответствующим облучателем нижней антенны **Ан**, а приемопередатчики второй группы аналогично связаны с облучателями верхней антенны **Ав**.



Обобщённая структурная схема 1Л118

Верхняя и нижняя антенны являются зеркальными и парциальным методом формируют зону действия, близкую по форме к функции cosec^2 .



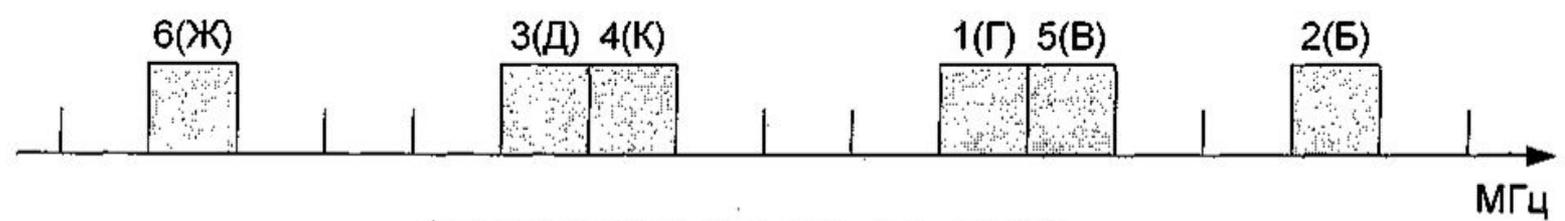
Радиоэлектронные средства наблюдения

РЛС "Ли́ра -1" (1Л118)

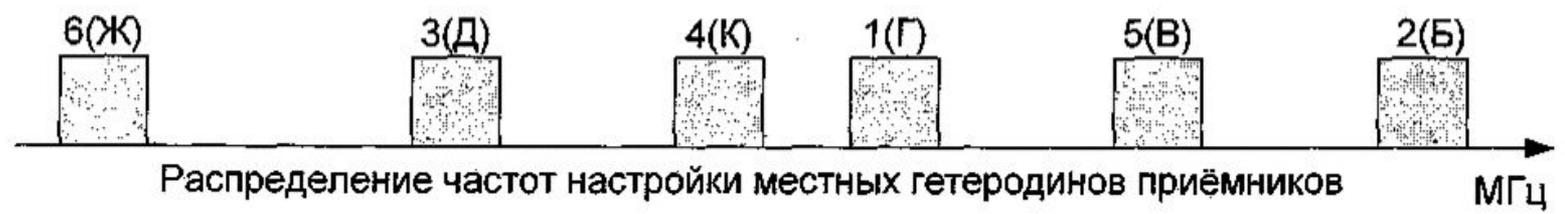
Передающие устройства каналов запускаются импульсами системы синхронизации и формируют зондирующие сигналы в выбранном режиме работы (последовательность радиоимпульсов рабочей частоты с длительностью и периодом следования соответствующими режиму работы РЛС).

Эхо-сигналы от ВС, облачности, местных предметов поканально усиливаются в соответствующих приёмниках и подаются в аппаратуру обработки отражённых сигналов.

Устранение взаимного влияния приемопередающих систем достигается их разносом по несущим частотам и различной настройкой местных гетеродинов приёмников.



Распределение несущих частот ППС



Распределение частот настройки местных гетеродинов приёмников



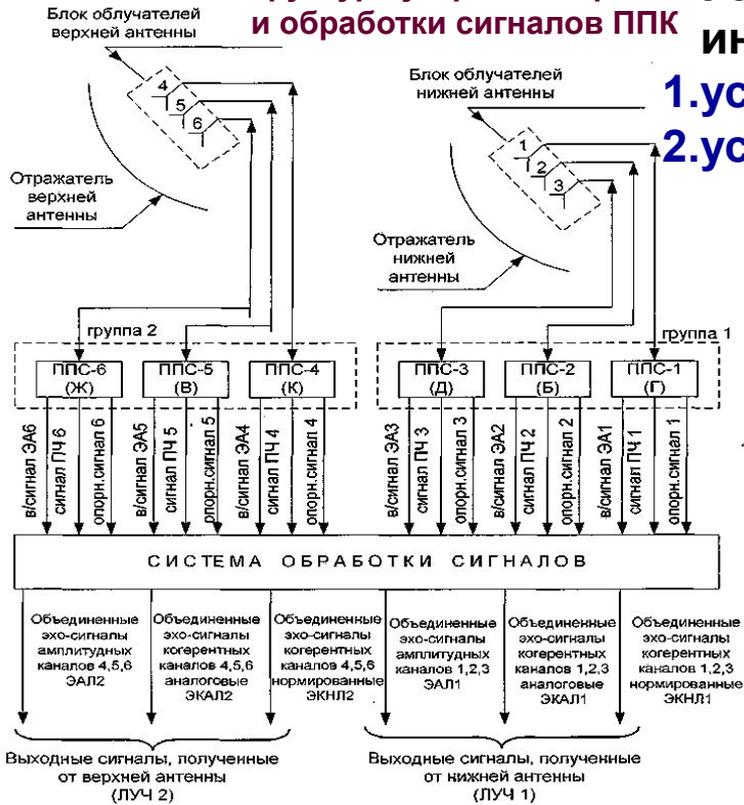
Радиоэлектронные средства наблюдения

Структура устройств приёма и обработки сигналов ППК

Структура устройств приёма и обработки сигналов ППК

Устройства обработки радиолокационной информации конструктивно разбиты на две группы:

1. устройства обработки ППК;
2. устройства обработки выносного оборудования.



Устройства обработки ППК обеспечивают:

- преобразование аналоговых сигналов когерентных трактов в 8 разрядный цифровой код;
- стабилизацию уровня ложных тревог в трактах когерентной обработки по каждому радиолокационному (РЛ) каналу;
- подавление несинхронных импульсных помех (НИП) в амплитудном и когерентном трактах обработки;
- подавление отражений от местных предметов в цифровой системе СДЦ;
- формирование объединённых сигналов амплитудных трактов и когерентных трактов от нижней и верхней антенн ЭАН (ЭАЛ1), ЭАВ(ЭАЛ2) и ЭКН(ЭКАЛ1), ЭКВ(ЭКАЛ2);
- формирование нормированных объединённых сигналов когерентных трактов от нижней и верхней антенн ЭКНЛ1, ЭКНЛ2;

ЭКАЛ1 - эхо когерентное аналоговое луч 1 (объединённый сигнал когерентных трактов 1, 2, 3 радиолокационных каналов).

ЭКАЛ2 - эхо когерентное аналоговое луч2 (объединённый сигнал когерентных трактов 4, 5, 6 радиолокационных каналов).

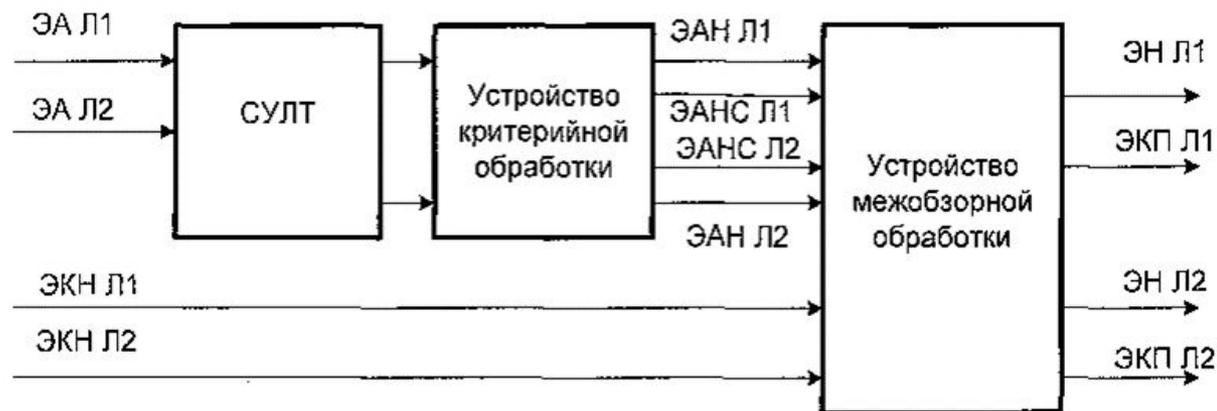


Радиоэлектронные средства наблюдения РЛС "Лира -1" (1Л118)

Устройства обработки выносного оборудования обеспечивают:

- стабилизацию уровня ложных тревог в трактах амплитудной обработки по объединённым эхо-сигналам верхней и нижней антенн;
- формирование адаптивных карт помех (АКП) в устройствах межобзорной обработки (УМО) амплитудного и когерентного каналов обработки;
- автоматическую коммутацию сигналов, наименее пораженных помехами, при помощи адаптивной карты помех УМО.

Эхо - сигналы амплитудного и когерентного трактов после обработки в ВО поступают на отображение на контрольный индикатор кругового обзора. Нормированные сигналы амплитудного, когерентного трактов и сигналы МЕТЕО (ЭКП) с АКП поступают в аппаратуру ВИП -118.



Упрощенная схема обработки сигналов в выносном оборудовании

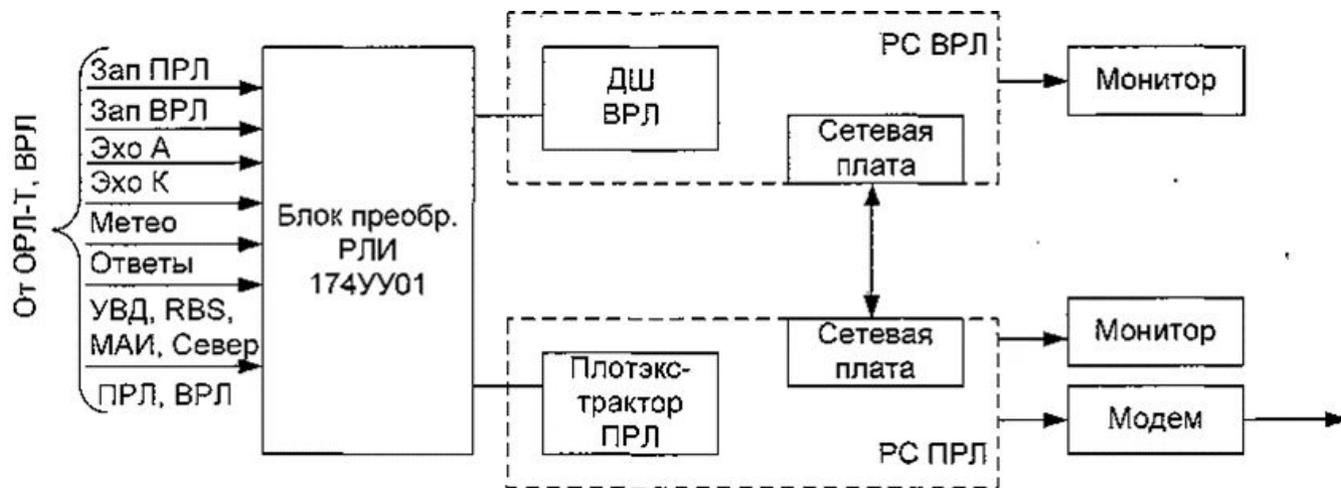


Радиоэлектронные средства наблюдения

РЛС "Лира -1" (1Л118)

Аппаратура цифровой обработки ВИП-118 обеспечивает:

- первичную обработку (обнаружение и измерение координат) РЛИ по двум каналам ОРЛ-Т, двум каналам МЕТЕО;
- первичную обработку (обнаружение и измерение координат) РЛИ по каналу ВРЛ, а также декодирование дополнительной полётной информации в режимах УВД и RBS;
- первичную обработку (обнаружение и измерение координат) РЛИ по каналу НРЗ;
- вторичную обработку РЛИ с завязкой до 200 трасс;
- документирование трассовой РЛИ в течение 3 суток;
- передачу РЛИ по модемной двухпроводной ЛС на КАСО (до 5 км);



Структура изделия ВИП-118



РЛС "Ли́ра -1" (1Л118)

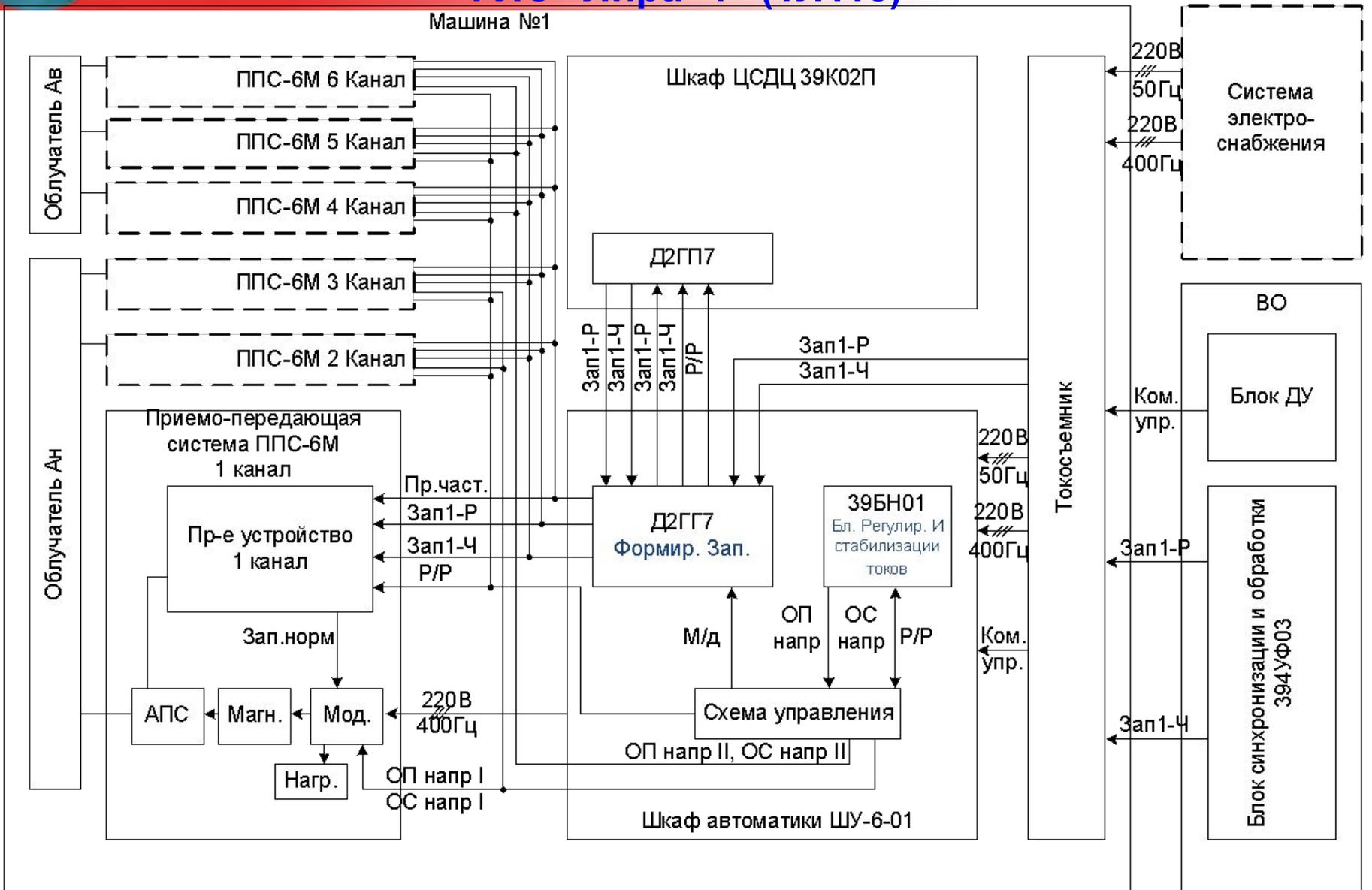


Схема взаимодействия аппаратуры РЛС при формировании зондирующих сигналов



РЛС "Лира -1" (1Л118)

Взаимодействие аппаратуры РЛС при формировании зондирующих импульсов

Импульсы запуска (ИЗ) из блока синхронизации 394УФ03 через токосъёмник поступают в шкаф автоматики на **формирователь запусков**, ячейку Д2ГГ7. Ячейка формирователя, в зависимости от режима управления, использует в дистанционном управлении (ДУ) - запуски 394УФ03, в местном управлении (МУ) - формирует собственный запуск от внутреннего генератора.

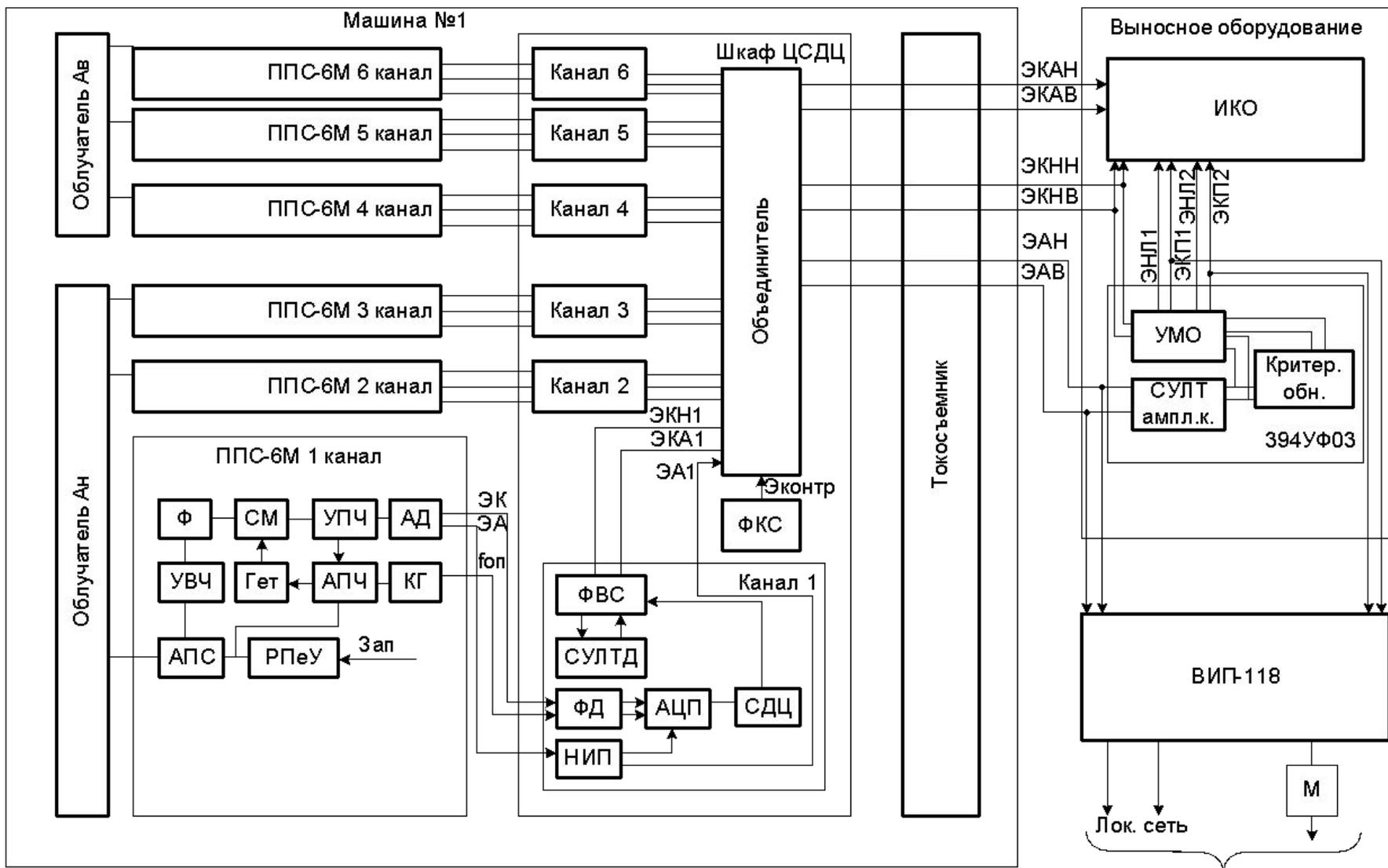
Сформированные импульсы запуска поступают в **шкаф ЦСДЦ**, где в ячейке Д2ГП7 производится привязка по времени дискрет цифровой обработки сигналов и запускающих импульсов. Далее ИЗ транзитом проходят ячейку Д2ГГ7 и подаются в приёмное устройство ППС-6М, **где в соответствии со значением двухразрядного кода режима работы (р/р) формируется нормированный импульс запуска передатчика**. Одноразрядный код ПР. ЧАСТ. позволяет включить одну группу каналов в редком запуске, а другую - в частом, при выборе режима Р2-Ч.

Передатчики РЛ каналов построены по однокаскадной схеме на базе импульсных магнетронов типа МИ-29, МИ-446 или Ми-503 соответствующих частотных литеров. Питание передатчиков производится от трёхфазной сети 220 В 400Гц.

С целью повышения стабильности характеристик формируемых импульсов используется **стабилизация амплитуды модулирующих импульсов** при помощи цепи отрицательной обратной связи.

Регулирование выходной мощности передатчиков производится изменением величины опорного напряжения.

Регулировка выходного напряжения модуляторов и стабилизация токов магнетронов осуществляется отдельно для передатчиков 1 и 2 групп с использованием блока регулировки и стабилизации токов (РСТ) 39БН01.



Взаимодействие аппаратуры 1Л118 при обработке эхо-сигналов



Взаимодействие аппаратуры РЛС при обработке РЛИ

Приёмное устройство канала выполнено по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты и автоматической подстройкой частоты местного гетеродина. Когерентный гетеродин формирует опорное напряжение для квадратурных фазовых детекторов (ФД) шкафа ЦСДЦ в режимах внутренней и внешней когерентности.

С выхода ячейки УПЧ приёмника снимаются и подаются в канал обработки ЦСДЦ два сигнала: эхо-сигнал на промежуточной частоте - эхо когерентное (ЭК) и эхо-сигнал с амплитудного детектора - эхо амплитудное (ЭА).

Каждый канал обработки ЦСДЦ включает цифровой квадратурный селектор движущихся целей (ЦСДЦ) с двукратной череспериодной компенсацией и подавитель НИП.

Первый из них осуществляет обработку сигналов промежуточной частоты с когерентного выхода соответствующего приемника (ЭК1...ЭК6), а второй - видеосигналов с амплитудного выхода того же приемника (ЭА1...ЭА6).

В состав каждого канала обработки входит стабилизатор уровня ложных тревог (СУЛТ) по собственным шумам, обеспечивающий адаптацию порога обнаружения сигналов, отраженных движущимися целями.

ФВС формирует "эхо-сигнал когерентный нормированный" (ЭКН) и "эхо-сигналы когерентные аналоговые" (ЭКА).

Эхо-сигналы с формирователя выходных сигналов (ФВС) всех шести каналов обработки шкафа ЦСДЦ поступают в устройство объединения, где группируются по признаку принадлежности к нижней и верхней антеннам (Н и В или Л1 и Л2).



Методы защиты от пассивных маскирующих помех

Защита от пассивных помех, отражений от «местных предметов» и метеообразований

Основные различия сигналов целей и пассивных маскирующих помех

1. Распределенный характер мешающих отражателей и близкий к сосредоточенному — блестящих элементов цели. Поэтому, повышая разрешающую способность по координатам и сокращая при этом размеры разрешаемого объема (во всяком случае, до размеров, превышающих размеры самолета), можно добиться улучшения наблюдаемости сигнала на фоне пассивных помех.

2. Отличия в поляризации отраженных сигналов наблюдаются, если пассивная помеха создается, например, гидрометеорами (дождь, тучи), состоящими из мелких капель, имеющих форму шара. Если гидрометеоры облучаются колебаниями с круговой поляризацией, то они отражают колебания также с круговой поляризацией, но с обратным (если смотреть в направлении распространения волны) вращением плоскости поляризации. Если приемная антенна не воспринимает колебания с такой поляризацией, она тем не менее может принимать колебания от целей, обладающих несимметрией структуры.

3. Различия в скорости перемещения мешающих отражателей и цели.

Скорость перемещения наземных мешающих отражателей относительно наземной радиолокационной станции равна нулю, в то время как представляющие практический интерес цели перемещаются с достаточно большой скоростью.

Полезный сигнал (сигнал, отраженный от воздушного судна) и пассивная помеха являются результатом вторичного излучения электромагнитной энергии.

Основное различие сигналов заложено в частотах отраженных сигналов и обусловлено разными радиальными составляющими скоростей движения цели и источников пассивных помех. Различия в радиальных скоростях целей и отражателей имеются и могут быть использованы для селекции по скорости. **Селекцию по скорости (иначе по эффекту движения цели) называют селекцией движущихся целей (СДЦ).**



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Когерентность (от лат. *cohaerens* — «находящийся в связи»):

Когерентность нескольких колебательных или волновых процессов (в физике) — согласованность (скоррелированность) этих процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.

Применительно к радиолокации под когерентностью понимают степень взаимосвязи параметров пространственно-временных сигналов.

В когерентных радиолокационных системах в отличие от некогерентных используется информация об изменении не только параметров амплитуды, но и фазы отраженного от цели сигнала.

Фаза является наиболее чувствительным параметром сигнала. Так, например, изменение расстояния до цели всего на один сантиметр приводит к изменению фазы сигнала на 180° (в сантиметровом диапазоне волн), в то время как амплитуда сигнала и задержка огибающей сигнала остаются практически неизменными.

Когерентный приемопередающий тракт РЛС включает в себя устройства формирования зондирующего сигнала, усиления и преобразования на промежуточную частоту принимаемого сигнала, фазовые детекторы, АЦП.



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Аппаратура для борьбы с пассивными помехами основана на априорном знании отличий свойств помех от свойств полезных сигналов. Основным признаком, по которому отличаются движущиеся и неподвижные объекты, является различная **величина доплеровского сдвига частоты высокочастотного заполнения отраженного сигнала.**

Сигналы неподвижных целей, имея малую величину доплеровского сдвига частоты и достаточно узкий частотный спектр амплитудных и фазовых флуктуаций, относятся к сильно коррелированным от периода к периоду зондирования сигналам.

Сигналы, отраженные от движущихся целей, имеют большой доплеровский сдвиг частоты несущего колебания.

Эту разницу в частотах Доплера в импульсных РЛС используют для селекции движущихся целей путем сравнения изменений фазовых соотношений зондирующего и отраженного сигналов.

Для того чтобы сравнить фазы отраженного и зондирующего сигналов, необходимо сформировать **опорное или когерентное колебание**, позволяющее запомнить фазу зондирующего сигнала по крайней мере на тот интервал дальности, где имеются пассивные помехи. Опорное колебание обычно формируют на промежуточной частоте, на которой происходит основное усиление сигналов.

В принципе для выделения сигналов движущихся целей можно использовать **изменение несущей частоты, частоты повторения импульсов и длительности импульсов**, которые наблюдаются при отражении зондирующего сигнала от таких объектов. Однако последние два эффекта очень малы и обнаружить их трудно.

Практически представляется возможным зафиксировать изменение **несущей частоты**. Таким образом, **частота Доплера** является основным, хотя и не единственным, информативным параметром, с помощью которого осуществляется селекция движущихся целей на фоне пассивных помех.

Когерентный канал обработки предназначен для подавления сигналов, отраженных от протяженных пассивных помех («местных» предметов) и метеообразований.

В основу обработки положен эффект Доплера, заключающийся в изменении частоты отраженных сигналов по отношению к частоте сигналов излученных. Такой эффект возникает в случае если воздушный объект движется и есть радиальная составляющая скорости, соответствующая изменению дальности от объекта до РЛС. Изменение дальности приводит, в свою очередь, к изменению фазовых соотношений сигналов излученных и отраженных.



Различают несколько видов обеспечения когерентности колебаний.

Истинная внутренняя когерентность достигается тем, что колебания создаются стабильным задающим генератором, после которого стоит усилитель мощности с устойчивой фазовой характеристикой.

Эквивалентная внутренняя когерентность достигается тем, что генератор с самовозбуждением вырабатывает последовательность импульсов постоянной несущей частоты со случайными начальными фазами. Начальная фаза каждого зондирующего импульса

запоминается на время приема отраженных сигналов до следующего зондирования. Путем соответствующей обработки принимаемого колебания эта фаза исключается и принимаемые колебания оказываются практически такими же, как и в случае истинной когерентности.

Внешняя когерентность достигается тем, что информация о случайной начальной фазе зондирующего импульса извлекается из проходящих от пассивных отражателей колебаний.