



# Теоретические основы радионавигации

## Радиотехническая система ближней навигации РСБН-4

1. Назначение, состав, размещение
2. Принцип взаимодействия наземного и бортового оборудования РСБН-4 при определении азимута
3. Принцип работы дальномерного канала РСБН-4





Радиотехническая система ближней навигации РСБН-4Н предназначена для автоматического определения навигационных параметров, характеризующих положение ЛА относительно радионавигационной точки, координаты которой на местности точно известны.

Всенаправленный наземный радиомаяк РСБН-4НМ совместно с бортовым оборудованием обеспечивает:

- непрерывное определение местоположения ЛА путем указания текущих координат: **наклонной дальности (Д)** и **азимута (φ)** относительно наземного радиомаяка;
- автоматический привод самолета в заданную точку в зоне действия РСБН;
- наземный контроль за движением самолетов, работающих с маяком.



# Радиотехническая система ближней навигации РСБН-4

Навигационная информация выдается в полярных координатах «дальность – азимут». Отображение навигационной информации осуществляется на индикаторе кругового обзора (ИКО) радиомаяка (РМ) яркостной отметкой и на борту ЛА в цифровом виде.

## ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РСБН-4НМ

Точность определения дальности  $\pm 200 \text{ м} \pm 0,03 \%$  дальности

Точность определения азимута  $\pm 0,25$  град

Диапазон частот дециметровый

Число частотно-кодовых каналов 88

**Дальность действия при работе с бортовой аппаратурой РСБН-2С:**

при высоте полета 35000 м 500 - 550 км

при высоте полета 20000 м 450 км

при высоте полета 5000 м 250 км

при высоте полета 250 м не менее 50 км

## УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Температура окружающей среды

от минус 50 до +50°C

Относительная влажность

до 98% при + 35°C

## ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ

Сеть

380В, 50 Гц

Потребляемая мощность, не более

16 кВА

## ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ И ВЕС

Д x Ш x В, м

развернут свернут

7,5x5x10 9,78x2,6x3,8

Вес, аппаратная в сборе

9000 кг

## **Состав оборудования** **В состав наземного радиомаяка РСБН-4Н входит:**

**аппаратная**, смонтированная на кузове К66-У1Д, установленном на специальной раме с двумя одноосными тележками.

**В кузове размещены два комплекта:** передающие и приемные устройства, импульсно-навигационная (**ИНА**) и контрольно-юстировочная аппаратура (**КЮА**), аппаратура стабилизации скорости вращения азимутальной антенны и автоматики РМ (**САР**), индикатор кругового обзора, контрольно-выносной пункт (**КВП**), исполнительный пункт аппаратуры дистанционного управления ТУ-ТС;

**антенно-фидерная система**, состоящая из четырех всенаправленных антенн, одной вращающейся антенны, антенны контрольно-выносного пункта и системы фидерных соединений. Вращающаяся антенна установлена на кузове аппаратной;

**источники электропитания** на трех прицепах: две электростанции АД-30-Т230-Ч400 и преобразователь сетевой частоты ВПЛ-30Д-М1;

**аппаратура, размещаемая на КДП:** выносной индикатор кругового обзора типа Е-327 с приемной антенной и диспетчерский пункт с аппаратурой телеуправления-телесигнализации.

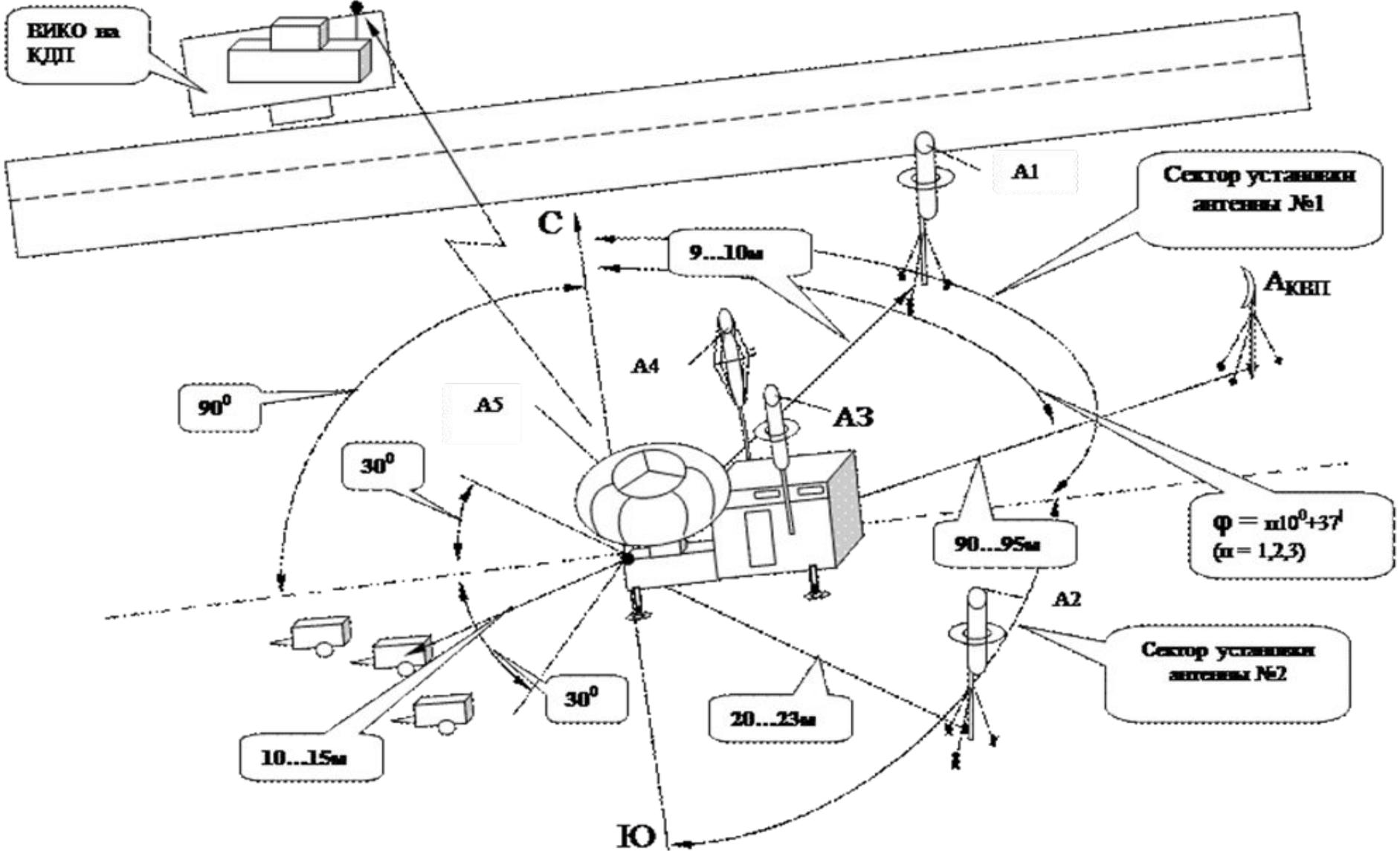




# Теоретические основы радионавигации

## Радиомаяк РСБН-4

### Размещение на позиции



## Размещение на позиции

**Радиомаяк РСБН-4Н в зависимости от поставленных радионавигационных задач** может устанавливаться непосредственно на аэродроме 300...600 м от оси ВПП и не далее 1200 м от центра ВПП, так и на воздушных трассах. При выборе места предпочтение отдается плоскогорным широким возвышенностям, господствующим над данной местностью.

**Для установки РМ** необходима ровная площадка радиусом 500 м и углом наклона местности не более 0,5 с возможностью подъезда и размещения автоприцепов и антенны КВП. При выборе места расположения площадки на господствующей возвышенности радиус ее может быть уменьшен до 200 м.

**Для установки аппаратной РМ** необходима площадка длиной 10...12 м шириной 6...7 м, продольная ось которой должна располагаться с запада на восток. Эта площадка в радиусе 20 м должна быть ровной.

**Антенны радиомаяка** размещают так, чтобы избежать затенения вращающейся азимутальной антенной передающих антенн ответчика дальномера и опорных сигналов в рабочем секторе радиомаяка.

**Антенна КВП** устанавливается на расстоянии 90 м от передающей антенны дальномерных сигналов А1 на углах  $\varphi = n \cdot 10^0 + 37'$  ( $n = 1, 2, \dots 35$ ), отсчитываемых от точки привязки радиомаяка и истинного северного направления. Не допускается наличие местных предметов и растительности в секторе  $20^0$  от линии, соединяющей ось вращения азимутальной антенны и КВП на удаление 200 м.

**Не допускается** устанавливать КВП в секторе  $\pm 30^0$ , занятом агрегатами питания или трансформаторной подстанцией. Запрещается устанавливать КВП в секторах  $\pm 20^0$  от направлений на передающие антенны А1, А2 и в секторе  $\pm 10^0$  противоположном указанным.

**Передающая антенна дальномерных сигналов А1** устанавливается в секторе  $0 - 90^0$  на удалении от точки привязки 9...10 м.

**Передающая антенна опорных сигналов А2** устанавливается в секторе  $90 - 180^0$  на удалении от точки привязки 20...23 м.



# Теоретические основы радионавигации

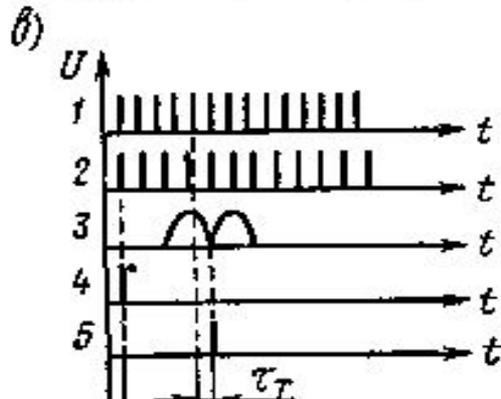
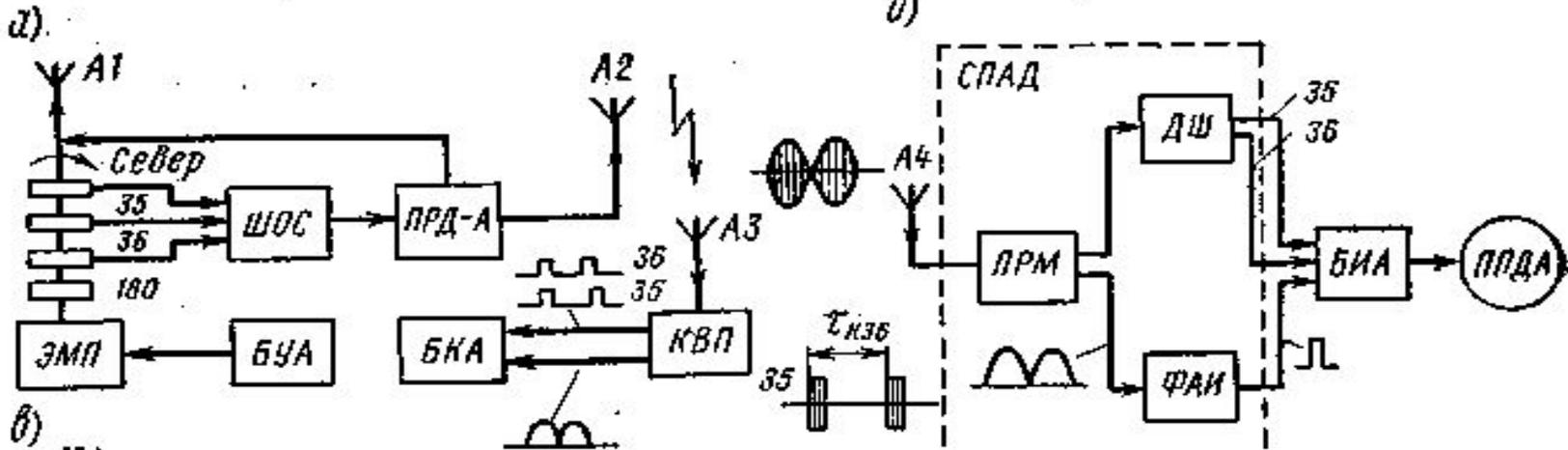
## Радиомаяк РСБН-4

### Временной азимутальный канал РСБН-4

В отечественных системах ближней навигации РСБН-4 и РСБН-6 используется временной метод измерения азимута.

**а** - упрощенная структурная схема наземного радиомаяка:

**ШОС** — шифратор опорных сигналов;  
**ПРД-А** — азимутально-опорный передатчик;  
**ЭМП** — электромеханический привод азимутальной антенны;  
**БКА** — блок контроля азимута;  
**БУА** — блок установки азимута;  
**КВП** — контрольно-выносной пункт;



**в** - временные диаграммы

**б** - упрощенная структурная схема бортового оборудования:

**ПРМ** — приемник;  
**ДШ** — дешифратор;  
**ФАИ** — схема формирования азимутального импульса;  
**БИА** — блок измерения азимута;



## Радиомаяк РСБН-4

Для передачи азимутальных и опорных сигналов могут использоваться отдельные или комбинированные азимутально-опорные передатчики. Канал непрерывного излучения азимутально-опорного передатчика нагружен на направленную антенну А1, которая имеет двухлепестковую ДНА в горизонтальной плоскости, вращающуюся со скоростью 100 об/мин.

Благодаря двухлепестковой форме ДНА вращающейся азимутальной антенны в момент облучения самолета на выходе его бортового приемника выделяется азимутальный видеосигнал, имеющий форму двойного колоколообразного импульса. Из этого сигнала формируется азимутальный импульс, середина которого соответствует минимуму азимутального сигнала («провала», рис. в). Для передачи опорного сигнала в «северный» момент времени («северный» сигнал) используются серии опорных импульсов—опорных «35» и опорных «36», излучаемые ненаправленной антенной А2 (рис. а), питающейся от импульсного канала азимутально-опорного передатчика. Опорные сигналы вырабатываются с помощью специальных датчиков, установленных в колонне азимутальной антенны и вращающихся синхронно с ней.

Опорные импульсы «35» и «36» формируются и кодируются в шифраторе опорных сигналов и поступают в виде двухимпульсных посылок для модуляции сигнала несущей частоты в импульсный канал передатчика. Кодовые интервалы опорных импульсов «35» и «36» различны.

Датчики опорных импульсов «35» и «36» устанавливаются таким образом, что в «северный» момент времени вставки датчиков опорных импульсов «35» и «36» совпадают и в шифраторе формируется трехимпульсный код, который является результатом наложения кодов этих импульсных серий.

Бортовой приемник СПАД принимает азимутальный и опорные сигналы. Последние после декодирования поступают в блок измерения азимута, куда поступает также азимутальный импульс со схемы формирования азимутального импульса. Серии опорных импульсов «35» и «36» представлены на рис. **в** (диаграммы 2 и 1 соответственно). Импульс «северного» совпадения (диаграмма 4), являющийся началом отсчета, формируется схемой совпадения, на которую подаются декодированные опорные импульсы «35» и «36». Таким образом, для определения азимута в блоке БИА измеряется пропорциональный ему временной интервал между «северным» моментом времени и моментом облучения самолета.



## Радиомаяк РСБН-4

Для грубого определения азимута измеряется интервал  $t_r$  (рис. **в**), для точного—интервал  $t_r$  между азимутальным импульсом и ближайшим к нему опорным импульсом «36».

Текущий азимут в блоке БИА

$$A = 2 \pi t / T \quad (1)$$

где  $T$  — период вращения азимутальной антенны;  $t$  — измеряемый временной интервал.

Из (1) следует, что **точность измерения азимута зависит от** стабильности угловой скорости вращения азимутальной антенны, для обеспечения которой в РСБН обычно используется стабилизированный привод ее вращения. На точность измерения азимута влияет также точность установки каретки с датчиками опорных сигналов. Для контроля точности установки датчиков опорных импульсов «35» и «36» в РСБН имеется специальная аппаратура контроля нуля азимута. Эта аппаратура состоит из контрольно-выносного пункта, блока контроля азимута и блока установки азимута.

На рис. **а** датчик «Север» играет вспомогательную роль, датчик 180 используется в индикаторном канале.

Дальномерный канал отечественной систем ближней навигации РСБН, построен с использованием импульсного метода измерения дальности.

**а** — упрощенная структурная схема ответчика дальномера:

**ПРМ** — приемное устройство;

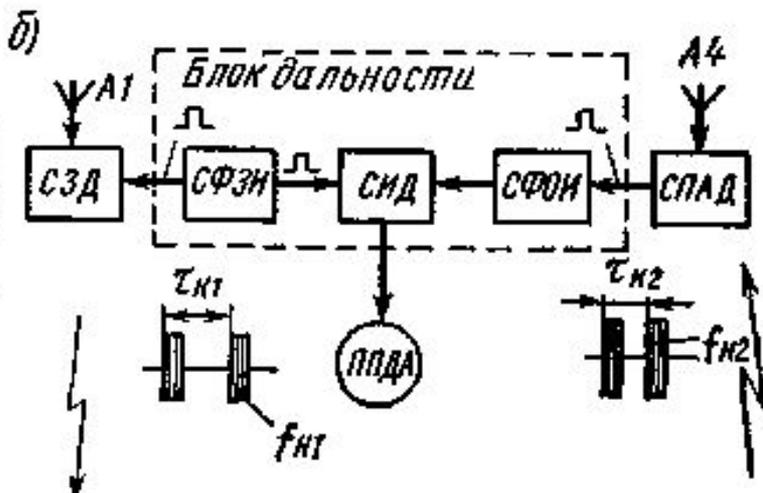
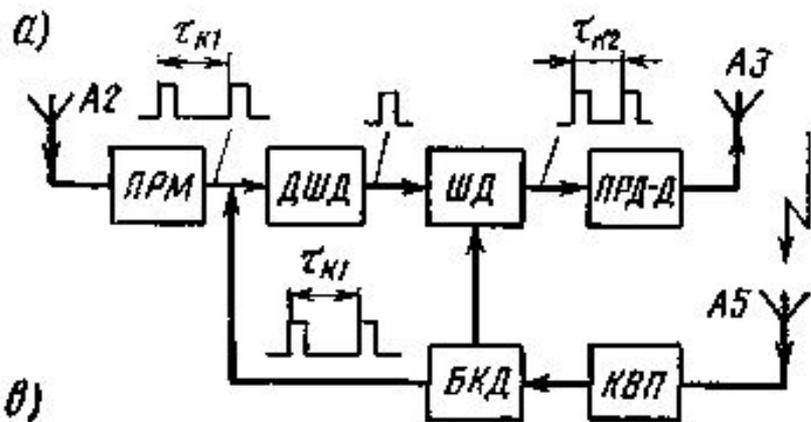
**ШД** — шифратор дальномерного канала;

**КВП** — контрольно-выносной пункт;

**ДШД** — дешифратор дальномерного канала;

**ПРД-Д** — передатчик дальномерного канала;

**БКД** — блок контроля дальномерного канала;



**б** — упрощенная структурная схема бортового оборудования:

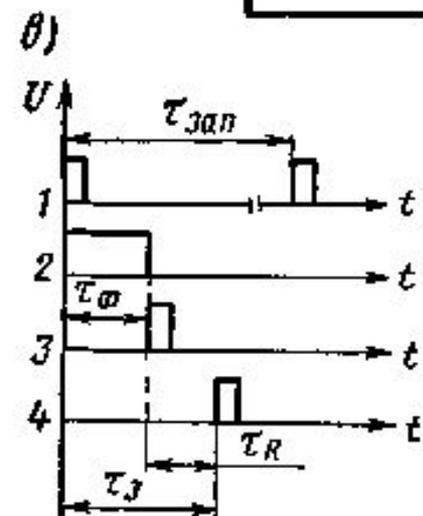
**СЗД**-самолетный запросчик дальности;

**СПАД**-самолетный приемник азимута и дальности;

**СИД** - схема измерения дальности;

**СФЗИ**-схема формирования запросных импульсов;

**СФОИ**-схема формирования ответных импульсов;



**в** — временные диаграммы.



# Теоретические основы радионавигации

## Радиомаяк РСБН-4

Для определения наклонной дальности самолета до наземного радиомаяка в дальномерном канале этих систем используется принцип активной радиолокации («запрос—ответ»). Дальность определяется суммарным временем распространения запросного сигнала самолетного запросчика до земли и ответного сигнала наземного ответчика с земли на самолет. Это время пропорционально измеряемому расстоянию.

**Схема формирования запросных импульсов СФЗИ** самолетного блока измерения дальности формирует импульсы с частотой следования 100 Гц (в режиме «поиск») или 30 Гц (в режиме «слежение»). Эти импульсы подаются в **СЗД** и в схему **СИД** для ее запуска. В передатчике **СЗД** запросные импульсы кодируются двухимпульсным запросным кодом с интервалом  $t_{к1}$  и излучаются на несущей частоте  $f_{н1}$ . На земле запросные посылки дальности принимаются приемной антенной **А2**, проходят приемное устройство **ПРМ**, декодируются в **ДШД**, кодируются в **ШД** ответным двухимпульсным кодом (с кодовым интервалом  $t_{к2}$ ) и запускают передающее устройство дальномерного канала. Излученные на несущей частоте  $f_{н2}$  ответные импульсные посылки принимаются бортовой приемной антенной **А4**, проходят через приемник **СПАД**, декодируются в нем и поступают в блок измерения дальности, где они формируются схемой формирования ответных импульсов **СФОИ** и подаются на схему измерения дальности **СИД**, в которой осуществляется автоматическое измерение временного интервала между запросными и ответными импульсами.

Суммарная задержка ответного импульса дальности относительно запросного  $T_3 = T_\phi + T_D$ , где  $T_D$  — время распространения электромагнитных волн от запросчика до ответчика и обратно. Это время определяется выражением  $T_D = 2D/c$ , где  $D$  — расстояние до ответчика;  $c$  — скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с.

Задержка сигналов дальности обеспечивается естественной задержкой в процессе преобразования этих сигналов в наземном и самолетном оборудовании (кодирование и декодирование) и установкой дополнительной линии задержки в блоке шифратора наземного передатчика.

Блок контроля нуля дальности **БКД** (рис.а) формирует контрольные двухимпульсные кодовые посылки с кодовым интервалом запросных сигналов дальности  $T_{к1}$  и частотой повторения порядка 150 Гц, которые подаются на вход дешифратора, проходят весь дальномерный канал и излучаются передатчиком вместе с ответными сигналами дальности. Эти сигналы принимаются приемным устройством контрольно-выносного пункта **КВП** и снова поступают в блок **БКД**. Задержки декодированных в блоке **БКД** ответных контрольных импульсов сравниваются в этом блоке с эталонной задержкой запросных контрольных импульсов. Если задержка ответных контрольных импульсов в дальномерном канале не равна эталонной, то в блоке **БКД** вырабатывается управляющее напряжение, которое поступает на регулируемую дополнительную линию задержки, расположенную в блоке шифратора, осуществляющую подстройку задержки в дальномерном канале.