

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ**

**Всероссийский институт повышения квалификации  
руководящих работников и специалистов лесного хозяйства**

**В.Д.БАЦАНОВСКИЙ**

**САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ  
летчика-наблюдателя авиационной  
охраны лесов**

**(учебное пособие)**

**Часть 2**

**Пушкино, МО  
1997**

Работа рекомендована к изданию  
курсам лётчиков-наблюдателей  
ВИПКЛХ

**Бацановский В.Д.**

**Самолётовождение лётчика-наблюдателя авиационной охраны  
лесов. Учебное пособие. Часть 2. Пушкино: 1997, 47 с.**

Учебное пособие является разделом курса "Воздушная навигация" и включает вопросы применения в целях самолётовождения радиоконпасов и ультракоротковолновых пеленгаторов.

Пособие предназначено для слушателей курсов лётчиков-наблюдателей. Оно может быть использовано в базах авиационной охраны лесов в качестве учебного пособия.

*Ввод*

Радиотехнические средства широко применяются в авиации. Работают эти средства в диапазонах средних, коротких и ультракоротких радиоволн. По месту расположения они подразделяются на бортовые, устанавливаемые на борту самолёта, и наземные. Большинство бортовых и наземных радиотехнических средств используются совместно, образуя радиотехнические системы:

- угломерные
- угломернодальномерные
- дальномерные
- разностнодальномерные (гиперболические).

В данном пособии рассматривается использование угломерных радиотехнических систем в *воздушной авиации* самолётовождении, т.к. они по роду авиационных работ наиболее полно применяются.

В основу угломерных радиотехнических систем положено свойство радиоантенн излучать и принимать направленные радиоволны. Для направленного приёма радиоволн используются специальные антенны типа рамок.

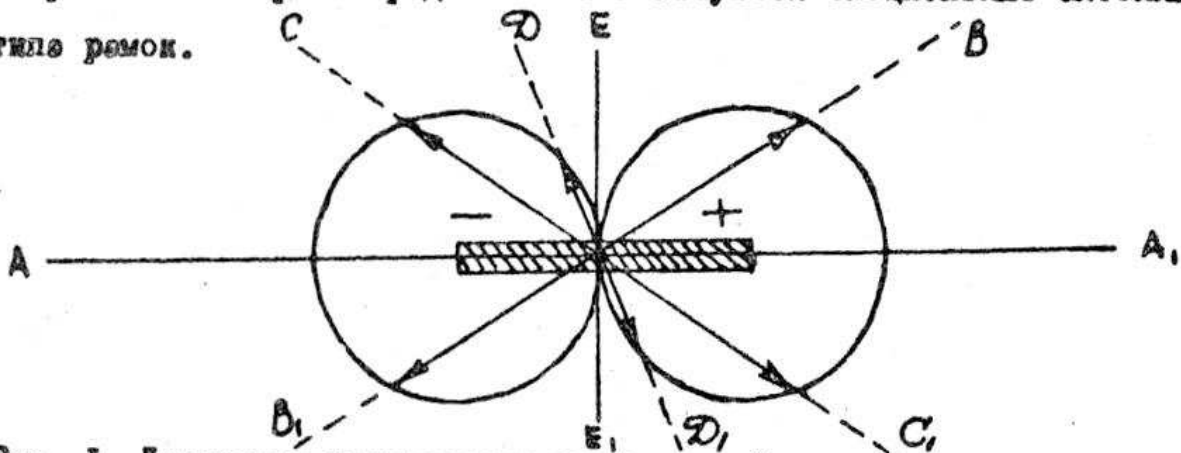
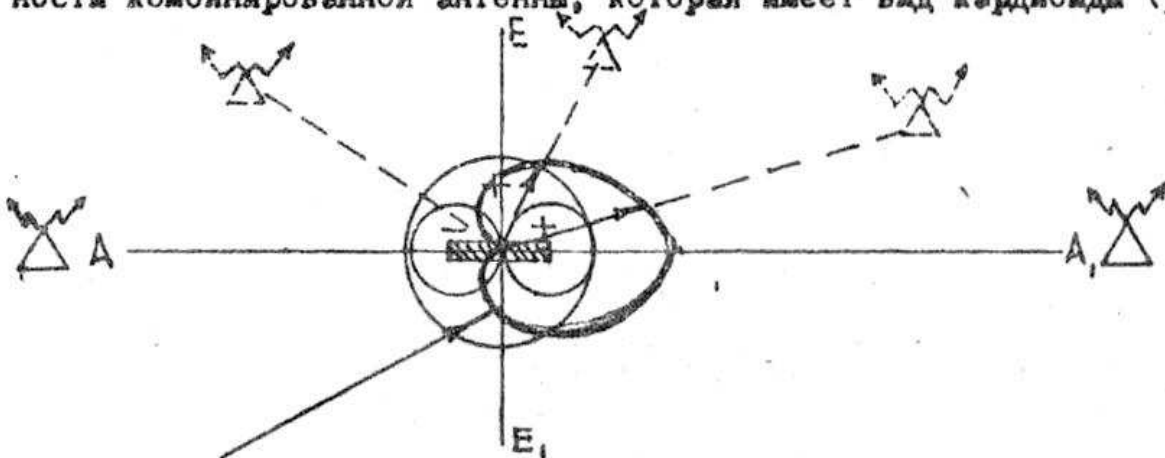


Рис. 1. Диаграмма направленности рамочной антенны.

Прямая, проходящая через центр рамки перпендикулярно её плоскости, называется осью рамки ( $EE_1$ ). В противоположных вертикальных сторонах рамки токи находятся в противофазе на  $180^\circ$ , поэтому диаграмма направленности имеет вид восьмёрки (две окружности). Максимальный приём будет в плоскости рамки по линии  $AA_1$  (рис.1), а минимум по оси рамки.

Рамочная антенна, принимая сигналы передающей радиостанции, не обеспечивает однозначности в определении направления. Так, принимая сигналы радиостанции с направления С, В, Д, одновременно будет принимать эти сигналы и с направлений  $C_1$ ,  $B_1$ ,  $D_1$ , т.е. с ошибкой на  $180^\circ$ . Это главный недостаток рамочной антенны.

Чтобы избавиться от этого, приём сигнала осуществляют на открытую и рамочную антенны одновременно. Диаграмма направленности открытой антенны представляет окружность. А рамочная, как известно восьмёрка с разной полярностью тока. Эти сигналы двух систем складываются и в результате получается суммарная диаграмма направленности комбинированной антенны, которая имеет вид кардиоиды (рис.2)



Открытая антенна и её диаграмма направленности

Рис. 2. Кардиоида.

У этой антенны имеются чётко выраженные один максимум (А), и один минимум (А) приёма радиосигнала. Это обеспечивает однозначность в определении направления приёма радиосигнала. Такой принцип комбинированной антенны применяется в самолётном радиопеленгаторе - радиокompасе.

Для большей точности определения направления, пеленгование ведётся по минимуму приёма, т.к. в этом случае точность составляет  $0,5^\circ$ , а по максимуму доходит до  $20^\circ$ .

Дальность действия и точность определения пеленга (средне-квадратическая ошибка) с помощью угломерных систем характеризуется следующими данными:

Тип пеленгатора	Дальность (км)	Точность пеленга (град)
I. <u>Самолётный автоматический радиокомпас</u>		
I.1. Пеленгование аэродромных приводных радиостанций	100 - 200	± 2 - 3
I.2. Пеленгование широкодиапазонных радиостанций	600 - 1000	± 2 - 3
2. <u>Навигационные пеленгаторы</u>		
2.1. Ультракоротковолновые	до 300 зависит от высоты по- лёта	± 3
2.2. Коротковолновые дальнего действия	5000 - 6000	0,5 - 0,9
2.3. Коротковолновые ближнего действия	600 - 1000	1,5 - 2

## 4.2 I. АВТОМАТИЧЕСКИЙ РАДИОКОМПАС АРК - 9.

Представляет собой автоматический самолётный радиопеленгатор, позволяющий определять направление от продольной оси самолёта на передвущую радиостанцию (курсовой угол радиостанции).

В комплект радиокompаса АРК-9 входят:

- рамка со следящей системой
- приёмник
- щиток управления
- указатели курсовых углов
- щиток ДИВ
- источники питания.

Рамка со следящей системой включает собственно рамку, электромотор рамки, компенсатор, радиодeviации. Компенсатор связан с рамкой системой передач. Мотор рамки, компенсатор, система передач помещены в кожух.

Приёмник супергетеродинного типа с четырьмя поддиапазонами:

150 - 300 кГц

300 - 600 кГц

600 - 900 кГц

900 - 1300 кГц

Щиток управления предназначен для дистанционного управления радиокompасом. На самолёте их может быть один или два. На щитке имеются следующие органы управления:

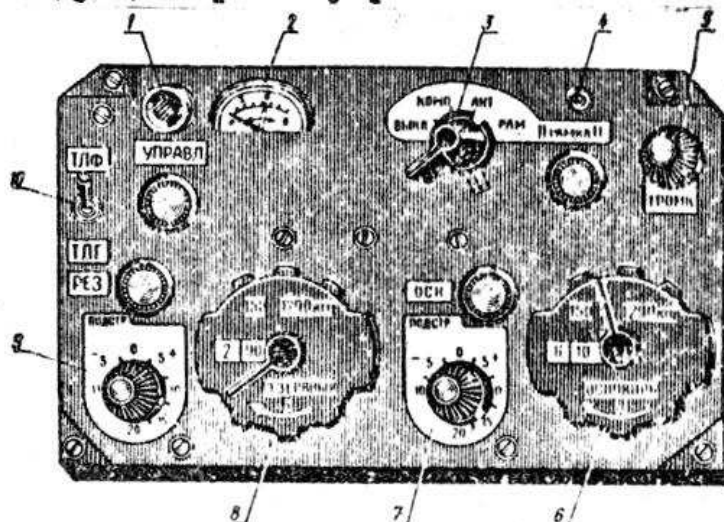


Рис. 3. Щиток управления радиокompаса АРК-9.

1. Переключатель рода работы. Имеет четыре положения:
  - выключено
  - компас (работает как автоматический компас)
  - антенна (работает как обычный радиоприёмник)
  - рамка (ручное управление рамкой)
2. Декады установки частоты радиостанций.
3. Ручки подстройки частоты.
4. Кнопка переключения пультов управления.
5. Индикатор настройки - для визуальной точной настройки на частоту радиостанции.
6. Нажимной переключатель направления вращения рамки "Л-П" - для ручного управления рамкой.
7. Регулятор громкости.
8. Переключатель ТЛГ-ТЛФ.

Щиток ДПВ служит для переключения основной частоты на резервную.

Указатели курсовых углов. На самолёте устанавливаются два типа указателей:

- самолётный указатель пилота (СУП) предназначен для отсчёта курсовых углов радиостанции; шкала СУП неподвижна с ценой деления  $5^{\circ}$ ;
- Самолётный указатель штурмана (СУШ) предназначен для отсчёта курсовых углов и радиопеленгов; шкала поворотная от рукоятки "КУРС" с ценой деления  $1^{\circ}$ .

Для снятия с СУШ радиопеленга необходимо рукояткой "КУРС" установить, поворотом шкалы, значение курса против неподвижного индекса.

Порядок включения, настройки и проверки АРК-9.

- Включить питание АРК-9.
- Установить переключатель рода работы в положение "Антенна".
- Проверить работу переключателя "ТЛГ-ТЛФ" и установить его в положение, соответствующее принимаемым сигналам.
- Установить максимальную громкость, повернув рукоятку "Громкость"

в крайнее правое положение.

- Установить нужную частоту путём рукоятки декадной настройки.
- Произвести точную настройку на выбранную частоту с помощью рукоятки точной настройки, добиваясь максимальной громкости и отклонения стрелки индикатора настройки вправо.
- Установить нужную громкость.
- Установить переключатель рода работы в положение "КОМПАС". При этом стрелка указателя курсовых углов установится в направлении выбранной радиостанции. Установив рукояткой "КУРС" на "СУШ" по указанию курса, снять значение пеленга. Определить точность пеленгования путём сравнения радиопеленга, снятого с "СУШ", с пеленгом, рассчитанном на карте.
- Установить переключатель рода работы в положение "РАМКА". Проверить работу ручного управления рамкой, для чего:
  - а) нажимным переключателем "Л-П" отвести рамку в одну из сторон на  $20^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ ;
  - б) установить переключатель рода работы в положение "КОМПАС"; стрелка "СУШ" должна вернуться в первоначальное положение.То же проделать, поворачивая рамку в другую сторону.
- Установить переключатель на щитке "ДПВ" в другое положение и произвести настройку АРК-9 на другую радиостанцию, используя вторую декаду и рукоятку настройки.

### РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Основными радионавигационными элементами являются:

- КУР - курсовой угол радиостанции;
- ОРК - отсчёт радиокompаса;
- $\Delta\rho$  - радиодевиация;
- ИПР - истинный пеленг радиостанции;
- МПР - магнитный пеленг радиостанции;
- ИПС - истинный пеленг самолёта;

- МПС - магнитный пеленг самолёта.

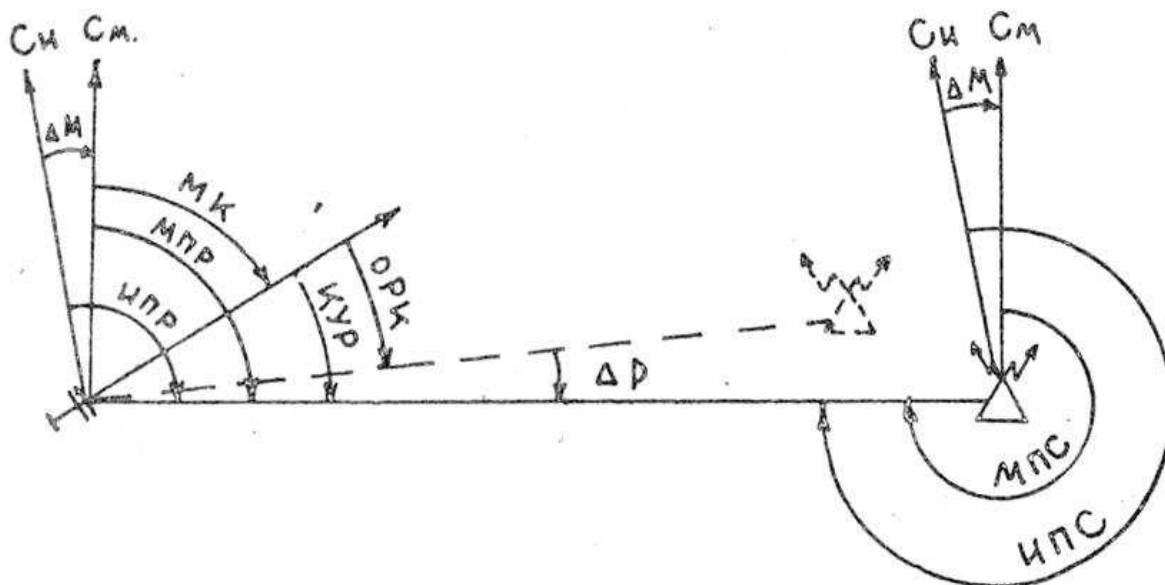


Рис. 4. Радионавигационные элементы.

Курсовой угол радиостанции "КУР" - это угол, заключенный между продольной осью самолёта и действительным направлением на радиостанцию. Измеряется КУР в градусах от 0 до 360 по часовой стрелке.

Зная "КУР", можно указать направление на радиостанцию или узнать свое положение относительно радиостанции.

Так, при  $KУР = 0^\circ$  - радиостанция впереди;

$KУР = 90^\circ$  - радиостанция справа;

$KУР = 180^\circ$  - Радиостанция сзади;

$KУР = 270^\circ$  - радиостанция слева.

( См. рис. 5 на стр. 10 )

Отсчёт радиоконпаса "ОРК" - это угол, заключенный между продольной осью самолёта и ложным направлением на радиостанцию. Отсчитывается в градусах от 0 до 360 по часовой стрелке.

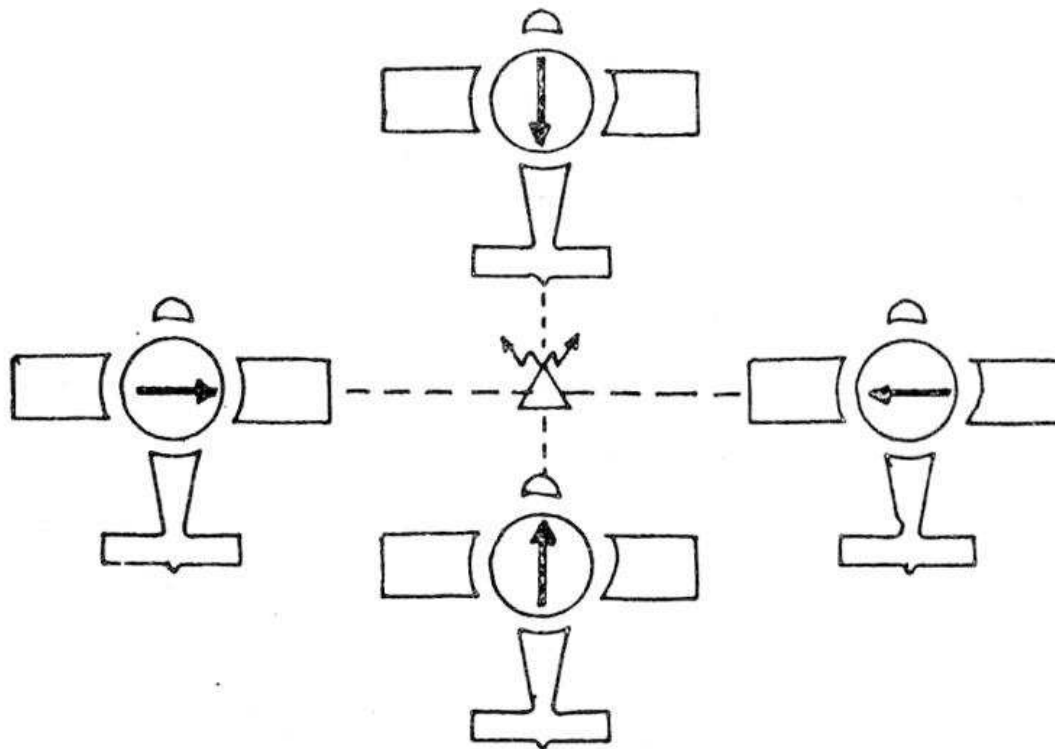
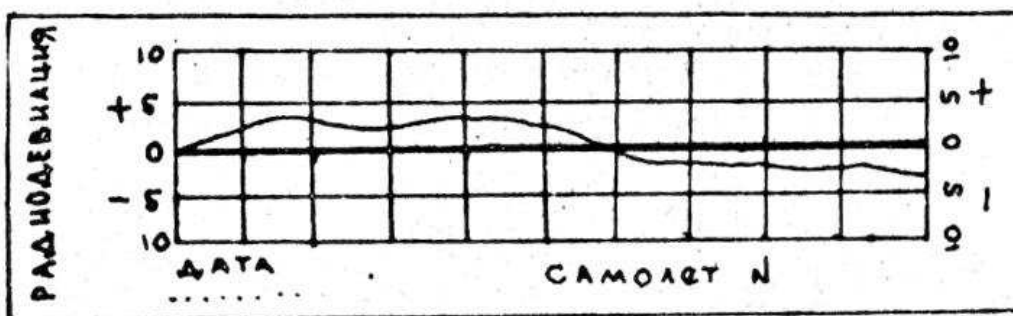


Рис. 5. Показания курсовых углов радиокompаса АРК-9 и положения радиостанций относительно самолёта.

Радиодевиация "  $\Delta P$  " - это угол, заключенный между ложным направлением на радиостанцию и действительным направлением на радиостанцию. Сущность радиодевиации заключается в том, что самолёт, являясь металлическим телом, находясь в поле радиосигнала, сам становится вторичным излучателем радиосигналов, и рамка в этом случае устанавливается по равнодействующей двух излучателей. Основного - наземной радиостанции и вторичного - самолёта. Для точного определения КУР необходимо знать величину и знак радиодевиации " $\Delta P$ ". Величина и знак радиодевиации зависят от КУР, т.е. по какому углом приходит радиосигнал от наземной радиостанции к продольной оси самолёта. Значение " $\Delta P$ " компенсируется механически, с помощью компенсатора, расположенного в чехле рамки. Остаточная " $\Delta P$ " списывается в график, который имеет вид:



С учётом  $\Delta P$  курсовой угол радиостанции будет равен:-

$$\text{КУР} = \text{ОРК} + \Delta P.$$

Пеленг радиостанции "ИПР" - это угол, заключенный между северным направлением меридиана, проходящего через самолёт, и направлением на радиостанцию. Измеряется в градусах от 0 до 360 от северного направления меридиана по часовой стрелке. В зависимости от меридиана отсчёта, пеленги радиостанции бывают:

- истинный пеленг радиостанции "ИПР" ;
- магнитный пеленг радиостанции "МПР" ;

Между курсом самолёта и пеленгом радиостанции имеется взаимосвязь:

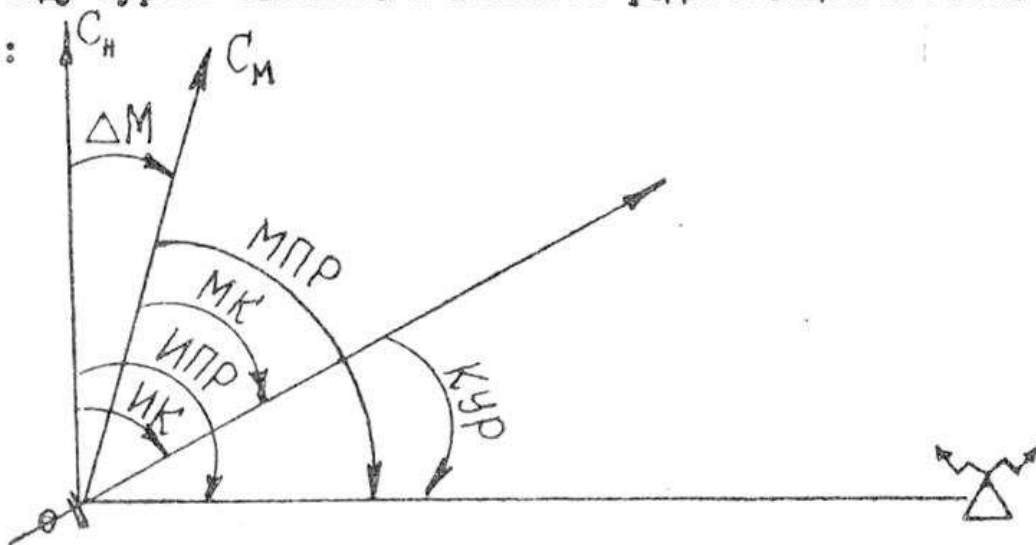


Рис. 6. Пеленг радиостанции и его связь с курсом самолёта.

$$\text{ИПР} = \text{ИК} + \text{КУР}$$

$$\text{МПР} = \text{МК} + \text{КУР}$$

Пеленг самолёта ПС" - это угол, заключенный между северным направлением меридиана, проходящего через радиостанцию, и направлением на самолёт. Измеряется в градусах от 0 до 360 от северного направления меридиана по часовой стрелке. В зависимости от меридиана отсчёта, пеленги самолёта бывают:

- истинный пеленг самолёта "ИПС";
- магнитный пеленг самолёта "МПС".

Между пеленгом радиостанции и пеленгом самолёта имеется взаимосвязь:

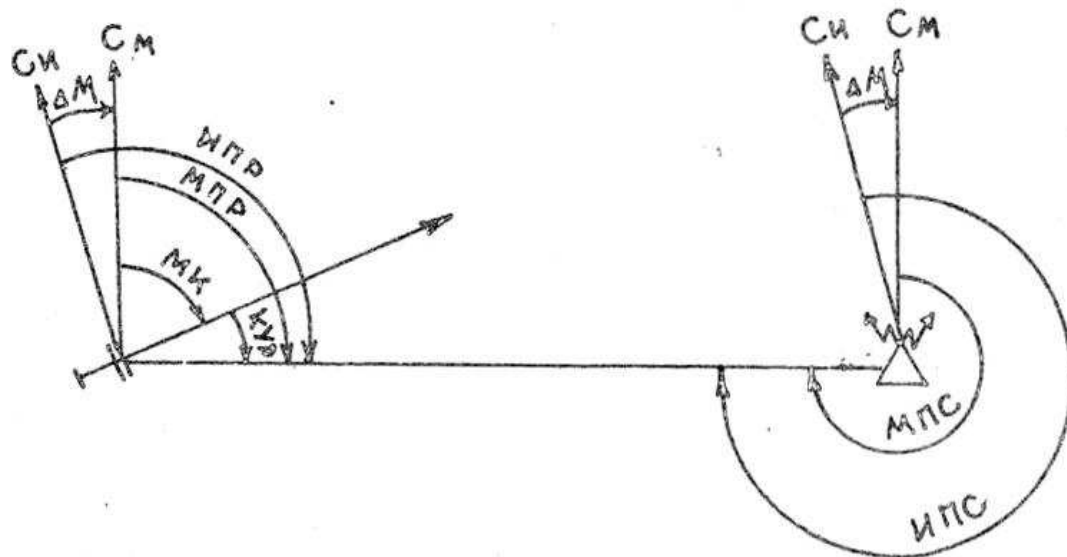


Рис. 7. Целеуг самолёта и его связь с курсом самолёта.

$$\text{ИПС} = \text{ИПР} \pm 180^\circ$$

$$\text{МПС} = \text{МПР} \pm 180^\circ$$

## 2. САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ РАДИОКОМПАСА .

### Задачи самолётовождения, решаемые с помощью радиокompаса

- Контроль и исправление пути полётом от радиостанции и на радиостанцию.
- Определение момента пролёта радиостанции.
- Полёт на радиостанцию с нового заданного направления.
- Определение места самолёта пеленгованием двух радиостанций
- Определение места самолёта двукратным пеленгованием одной боковой радиостанции.
- Осуществление контроля пути по дальности.

### 2.1. Полёт от радиостанции.

Полёт от радиостанции выполняется в случае, когда она расположена либо в исходном пункте маршрута, либо в поворотном пункте маршрута. В этом <sup>случае</sup> плане, при выборе маршрута полёта, необходимо учитывать расположение радиостанций с тем, чтобы была возможность их использовать в полёте.

При полёте от радиостанции с помощью радиокompаса решаются следующие задачи:

- контроль пути самолёта по направлению;
- исправление пути самолёта: а)) выходом на линию заданного пути с последующим полётом по ДЭП, б) выходом непосредственно на ПИМ.

#### 2.1.1. Контроль пути самолёта по направлению.

Выполняется в комплекте с визуальной ориентировкой.

Контроль пути самолёта по направлению осуществляется путём сравнения магнитного пеленга самолёта с заданным магнитным дутевым углом, что даст боковое отклонение.

$$БУ = МПС - ЗМПУ.$$

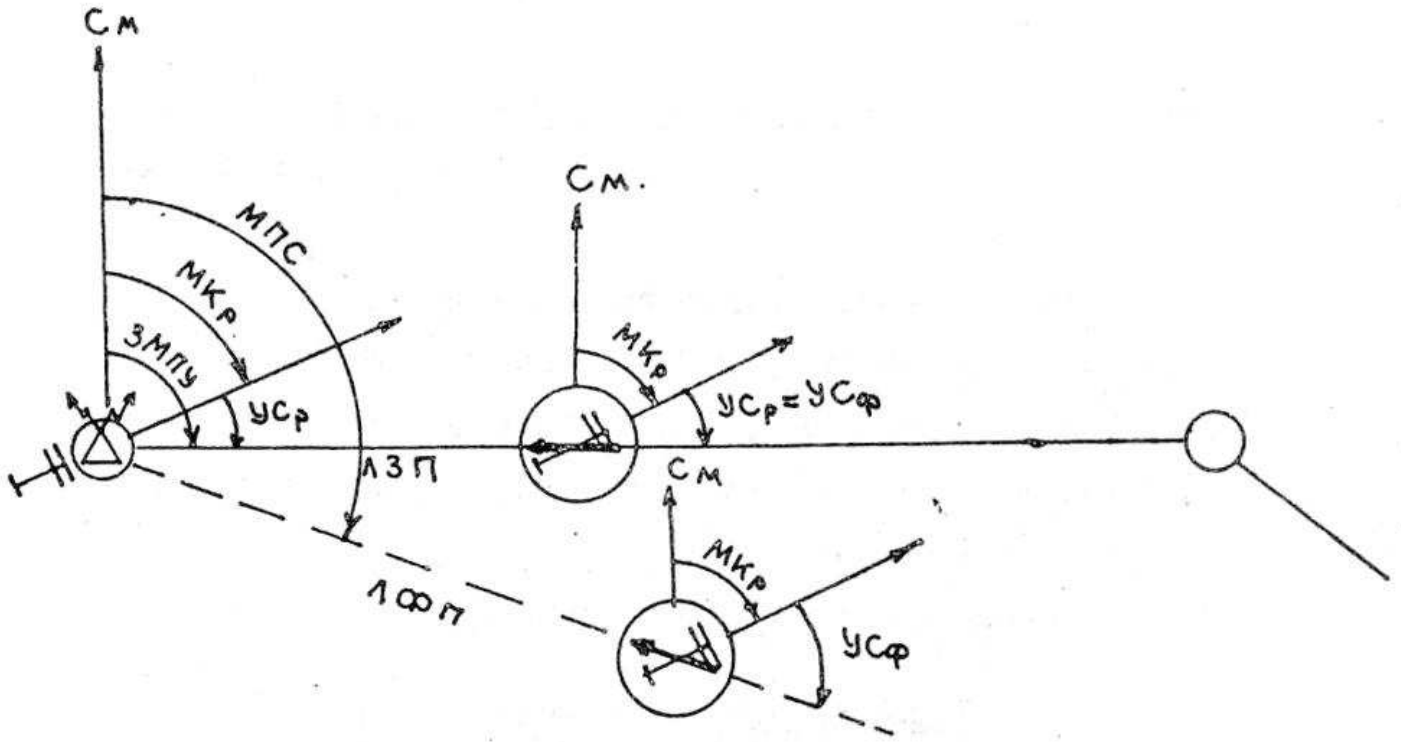


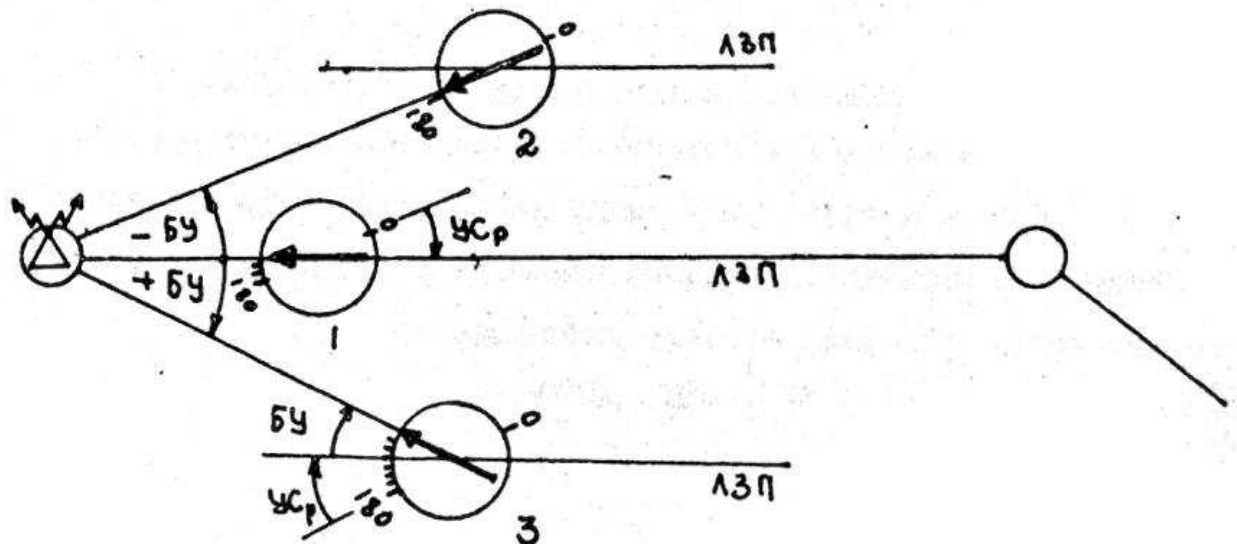
Рис. 8. Контроль пути самолёта по направлению.

$МПС > ЗМПУ$  - самолёт уклонился вправо

$МПС < ЗМПУ$  - самолёт уклонился влево

$МПС = ЗМПУ$  - самолёт летит по ЛЗП.

Контроль пути по направлению можно осуществить и по поведению стрелки СУШ.



При нахождении самолёта на ЛЗП стрелка СУШ установится острым концом в направлении радиостанции на значении по шкале, равной  $УС_p$ . Если в дальнейшем стрелка продолжает находиться в первоначальном положении ( $\pm 2^\circ$ ), то самолёт находится на ЛЗП (позиция 1). Если в процессе полёта стрелка уходит от первоначального положения влево более  $2^\circ$ , то это указывает на то, что самолёт уклоняется вправо (позиция 2). Если в процессе полёта стрелка уходит от первоначального положения вправо более  $2^\circ$ , то самолёт уклоняется влево (позиция 3). Причём, отклонение стрелки от первоначального положения, когда самолёт находился на ЛЗП, даёт величину БУ. Если значение  $БУ > 2^\circ$ , то экипаж принимает меры к исправлению пути; если  $БУ \leq 2^\circ$ , то экипаж продолжает полёт, не исправляя пути.

#### Порядок работы экипажа

1. Выйти на радиостанцию с курсом равным ЗМПУ или с курсом, рассчитанным по ветру, т.е. с магнитным курсом расчётным.
2. Через 5-15 минут полёта: установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение курса и снять МПС. Показания МПС снимаются по шкале СУШ против тупого конца стрелки.

3. Определить боковое отклонение самолёта по формуле:

$$БУ = МПС - ЗМПУ.$$

Если значение БУ не превышает  $2^\circ$  - самолёт находится на ЛЗП, если больше, то самолёт уклонился от ЛЗП. БУ имеет знак плюс и минус. При плюсовом значении БУ - самолёт уклонился от ЛЗП вправо и наоборот.

4. Исправление пути самолёта осуществляется в случае, когда экипаж уверен в отклонении самолёта от ЛЗП более  $2^\circ$ . Исправление пути может быть выполнено двумя способами:

а) Выходом самолёта на ЛЗП. Этот способ применяется, когда отклонения самолёта от ЛЗП значительные.

б) Выходом на ШМ или КПМ. Способ применяется, когда отклонения самолёта от ЛЭП незначительные.

2.1.2. Исправление пути выходом на ЛЭП.

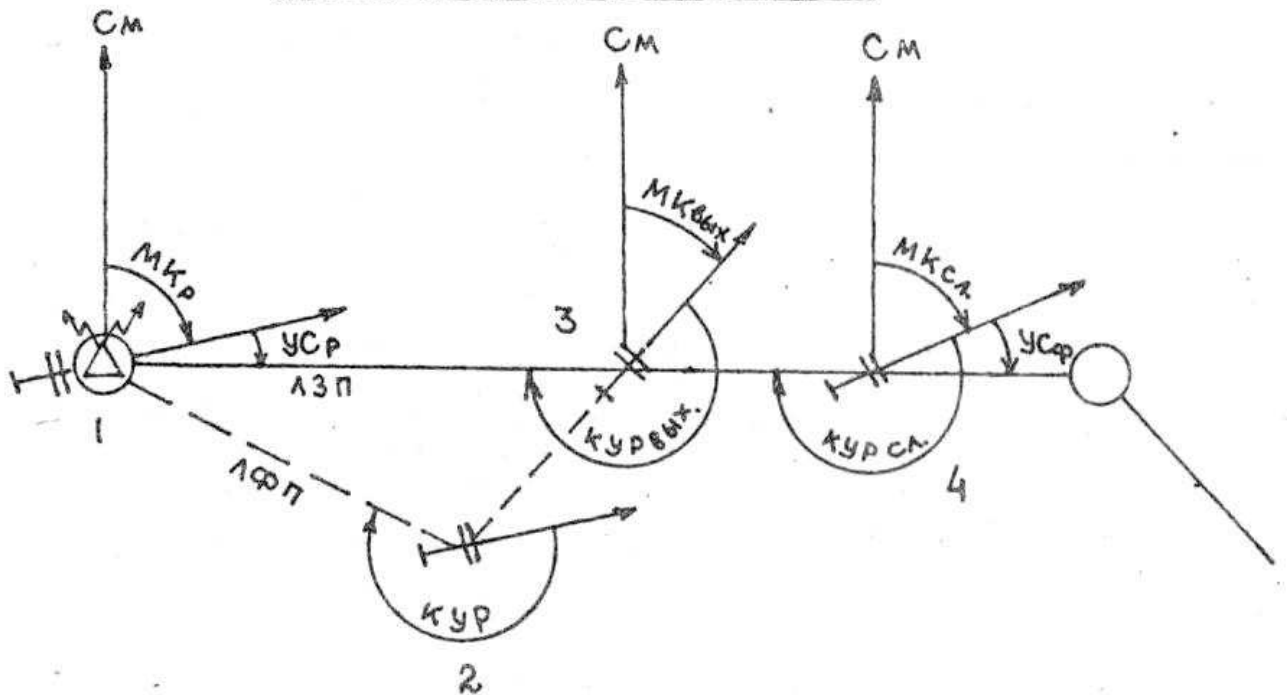


Рис. 9. Исправление пути самолёта выходом на ЛЭП.

Порядок работы

1. Выйти на радиостанцию с магнитным курсом равным ЗМПУ или магнитным курсом расчётным (МК<sub>р</sub>).
2. Через 5 - 15 минут полёта установить на СУШ рукояткой "КУРС" значение курса и против тупого конца стрелки снять показание МПС. Или снять на СУШ показания КУР и рассчитать магнитный пеленг самолёта по формуле:

$$\text{МПС} = \text{МК} + \text{КУР} \pm 180^\circ$$

Рассчитать боковое уклонение, угол сноса фактический и принять решение об исправлении пути.

$$\text{БУ} = \text{МПС} - \text{ЗМПУ}$$

$$\text{УС}_\phi = \text{УС}_р + \text{БУ}$$

3. Рассчитать магнитный курс выхода на ЛЭП по формуле:

$$\text{МК}_{\text{ВЫХ}} = \text{ЗМПУ} \pm \text{У}_{\text{ВЫХ}}$$

где  $U_{\text{вых}}$  - угол выхода, равный  $20^\circ \pm 90^\circ$ ,

знак + при левом уклонении,

знак - при правом уклонении.

4. Развернуть самолёт на  $MK_{\text{вых}}$  и следовать на ЛЭП. Контроль выхода самолёта на ЛЭП осуществлять по  $KUP_{\text{вых}}$ , который равен:

$$KUP_{\text{вых}} = 180^\circ \mp U_{\text{вых}},$$

где знак + при правом уклонении,

знак - при левом уклонении.

5. После выхода на ЛЭП, установить самолёт на магнитный курс следования, который равен:

$$MK_{\text{сл}} = ЗМПУ - ( \pm UC_{\phi} )$$

Пример.

Решение

$$ЗМПУ = 90^\circ$$

$$MK_p = 85^\circ$$

$$UC_p = +5^\circ$$

$$t_{\text{пр}} = 10 \text{ мин}$$

$$KUP = 190^\circ$$

$$U_{\text{вых}} = 60^\circ$$

---

$$БУ = +5^\circ$$

$$UC_{\phi} = +10^\circ$$

$$MK_{\text{вых}} = 30^\circ$$

$$KUP_{\text{вых}} = 240^\circ$$

$$MK_{\text{сл}} = 80^\circ$$

$$KUP_{\text{сл}} = 190^\circ$$

1. Выполнить контроль пути:

а) определить МПС

$$\begin{aligned} МПС &= MK_p + KUP \pm 180^\circ = \\ &= 85 + 190 - 180 = 95^\circ \end{aligned}$$

б) определить БУ и  $UC_{\phi}$ :

$$БУ = МПС - ЗМПУ = 95^\circ - 90^\circ = +5^\circ$$

$$UC_{\phi} = UC_p + БУ = +5^\circ + 5^\circ = +10^\circ$$

2. Выполнить исправление пути выходом на ЛЭП:

а) рассчитать  $MK_{\text{вых}}$  и  $KUP_{\text{вых}}$

$$\begin{aligned} MK_{\text{вых}} &= ЗМПУ - U_{\text{вых}} = \\ &= 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KUP_{\text{вых}} &= 180^\circ + U_{\text{вых}} = \\ &= 180^\circ + 60^\circ = 240^\circ \end{aligned}$$

б) Рассчитать  $MK_{\text{сл}}$  и  $KUP_{\text{сл}}$

$$\begin{aligned} MK_{\text{сл}} &= ЗМПУ - ( \pm UC_{\phi} ) = \\ &= 90^\circ - 10^\circ = 80^\circ \end{aligned}$$

$$KUP_{\text{сл}} = 180^\circ + UC_{\phi} = 180^\circ + 10^\circ = 190^\circ$$

2.1.3. Исправление пути выходом на ППМ (КПМ)

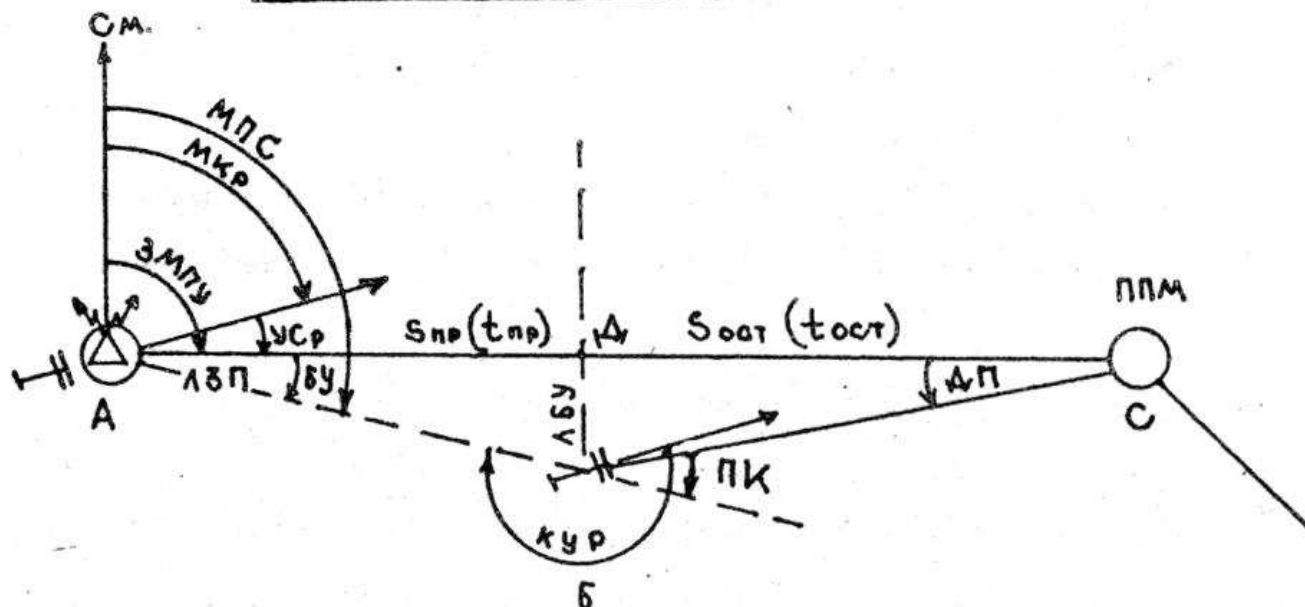


Рис. 10. Исправление пути выходом на ППМ (КПМ)

Порядок работы

1. Пройти радиостанцию с  $МК = ЗМПУ$  или с  $МК_p$ . Включить секундомер.
2. Через 5 - 15 минут полёта установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение  $МК$  и против тупого конца стрелки снять показания  $МПС$ , или рассчитать  $МПС$  по формуле:

$$МПС = МК + КУР \pm 180^\circ$$

3. Определить уклонение самолёта по величине  $БУ$  и принять решение об исправлении пути:

$$БУ = МПС - ЗМПУ$$

4. Исправить путь самолёта выходом на ППМ (КПМ) путём ввода поправки в курс:  $МК_{испр} = МК_p - ( \pm ПК )$ .

Так как  $ПК$  является внешним углом треугольника  $ABC$ , поэтому он равен двум другим углам треугольника не смежным с ним, т.е. ( см. рис. ):  $ПК = БУ + ДП$ .

Формулу  $ДП$  можно вывести следующим образом: сделаем дополнение к рис., опустив перпендикуляр из точки  $B$  на  $AC$ . Получим точку  $D$ . Линия  $B - D$  будет линейное боковое уклонение  $ДБУ$ . Из  $\triangle BCD$  имеем:

$$tg \text{ ДП} = \frac{\text{ЛБУ}}{S_{\text{ост}}} \quad \text{или} \quad \text{ДП} \approx \frac{\text{ЛБУ}}{S_{\text{ост}}} \times 60$$

Чтобы не измерять ЛБУ, можно формулу ДП вывести в зависимости от БУ, т.к. оно уже известно.

Напишем формулу БУ из  $\triangle \text{АБД}$ :

$$tg \text{ БУ} = \frac{\text{ЛБУ}}{S_{\text{пр}}} \quad \text{или} \quad \text{БУ} \approx \frac{\text{ЛБУ}}{S_{\text{пр}}} \times 60$$

Перенесём  $S_{\text{пр}}$  и  $S_{\text{ост}}$  в формулах БУ и ДП в левые части равенства и получим:

$$\begin{cases} \text{БУ} \times S_{\text{пр}} = \text{ЛБУ} \times 60 \\ \text{ДП} \times S_{\text{ост}} = \text{ЛБУ} \times 60 \end{cases}$$

Как видим, правые элементы равенства равны, следовательно и левые равны:  $\text{ДП} \times S_{\text{ост}} = \text{БУ} \times S_{\text{пр}}$ , откуда

$$\text{ДП} = \frac{S_{\text{пр}}}{S_{\text{ост}}} \times \text{БУ}$$

Отношение  $\frac{S_{\text{пр}}}{S_{\text{ост}}}$  является безразмерной величиной, т.е. коэффициентом. Поэтому можно расстояния заменить отрезком времени, т.е.

$$\text{ДП} = \frac{t_{\text{пр}}}{t_{\text{ост}}} \times \text{БУ}$$

Пример

Решение:

- ЗМПУ =  $90^\circ$
- МК<sub>р</sub> =  $85^\circ$
- УС<sub>р</sub> =  $+5^\circ$
- $t_{\text{пр}}$  = 10 мин
- $t_{\text{ост}}$  = 20 мин
- КУР =  $190^\circ$

---

- БУ =  $+5^\circ$
- УС<sub>ф</sub> =  $+10^\circ$
- ДП = + 3
- ПК = + 8

1. Выполнить контроль пути
  - а) определить МПС:
 
$$\begin{aligned} \text{МПС} &= \text{МК}_p + \text{КУР} \pm 180^\circ = \\ &= 85^\circ + 190^\circ - 180^\circ = 95^\circ \end{aligned}$$
  - б) определить БУ и УС<sub>ф</sub>:
 
$$\begin{aligned} \text{БУ} &= \text{МПС} - \text{ЗМПУ} \pm 95^\circ - 90^\circ = +5^\circ \\ \text{УС}_f &= \text{УС}_p + \text{БУ} = +5^\circ + 5^\circ = 10^\circ \end{aligned}$$
2. Выполнить исправление пути выходом в ППМ (КПМ)
- а) Определить ДП:

$$MK_{\text{вых}} = 77^\circ$$

$$ДП = \frac{t_{\text{пр}}}{t_{\text{ост}}} \times БУ = \frac{10}{20} \times 5 = 3^\circ$$

б) определить ПК :

$$ПК = БУ + ДП = +5^\circ + 3^\circ = +8^\circ$$

в) исправить  $MK_p$  на ПК:

$$\begin{aligned} MK_{\text{вых}} &= MK_p - ( \pm ПК ) = \\ &= 85^\circ - 8^\circ = 77^\circ \end{aligned}$$

## 2.2. Полёт на радиостанцию.

Полёт на радиостанцию осуществляется, когда она расположена либо в КПМ, либо ППМ, а также, когда направление этапа маршрута совпадает с направлением на радиостанцию. Во всех случаях при полёте на радиостанцию можно решить следующие задачи:

- контроль пути по направлению;
- исправление пути по направлению с выходом на ДЭП или на КПМ ( ППМ );
- полёт на радиостанцию пассивным способом;
- выход на радиостанцию с нового заданного направления;
- определение момента пролёта радиостанции или её траверза;
- определение места самолёта пеленгованием 2-х радиостанций;
- определение места самолёта двукратным пеленгованием одной боковой радиостанции;
- контроль пути по дальности по боковой радиостанции.

### 2.2.1. Контроль пути по направлению.

Контроль пути по направлению осуществляется путём сравнения заданного магнитнопутевого угла с магнитным пеленгом радиостанции, т.е. по величине и знаку ДП.

"+" если  $ЗМПУ = МПР$  - то самолёт находится на ДЭП;

"-" если  $ЗМПУ > МПР$  - то самолёт уклонился вправо;

"-" если  $ЗМПУ < МПР$  - то самолёт уклонился влево.

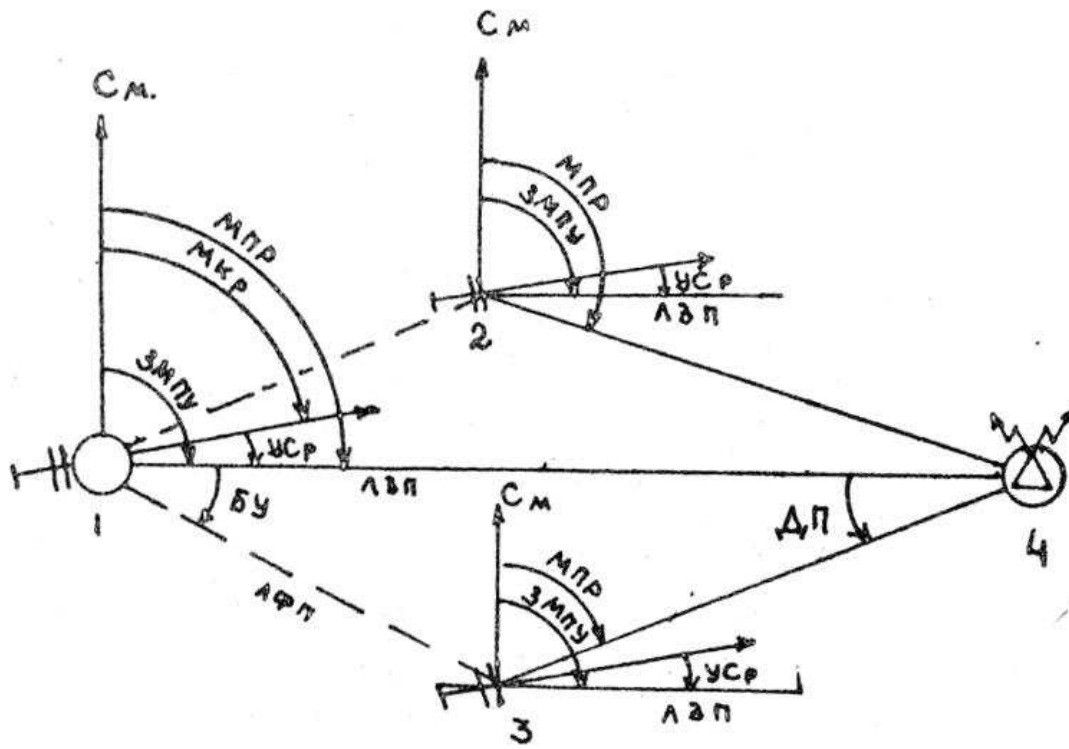
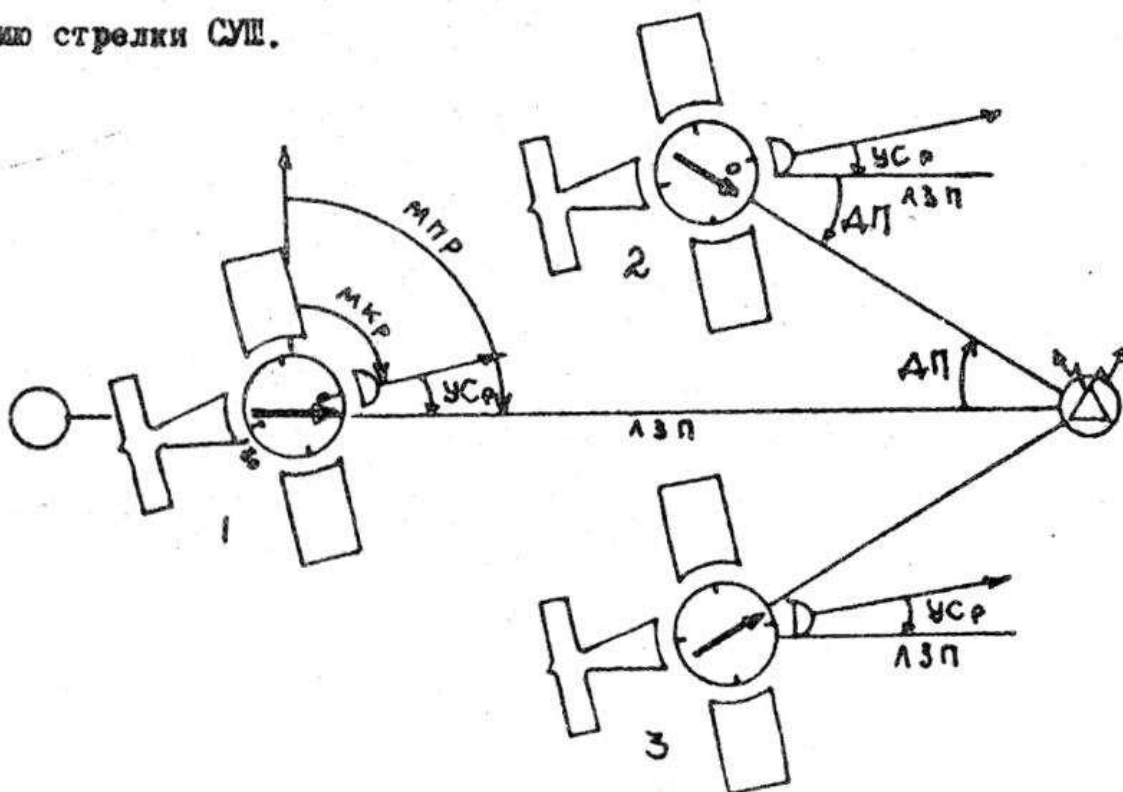


Рис. II. Контроль пути по направлению.

Дополнительная поправка равна:

$$\text{ДП} \pm \text{ЗМПУ} - \text{МПР}$$

Контроль пути по направлению можно осуществить и по поведению стрелки СУШ.



При нахождении самолёта на ЛЗП стрелка СУШ установится острым концом в направлении радиостанции на значении, по шкале равном  $УС_p$ , т.е. в плоскости ЛЗП. Если в дальнейшем стрелка продолжает находиться в этом положении в пределах  $\pm 2^\circ$ , то самолёт находится на ЛЗП (позиция 1).

Если в процессе полёта стрелка разворачивается вправо более  $2^\circ$  от первоначального положения, то это указывает на то, что самолёт уклоняется влево (позиция 2).

Если в процессе полёта стрелка разворачивается влево более  $2^\circ$  от первоначального положения, то это указывает на то, что самолёт уклонился вправо от ЛЗП (позиция 3). Причём отклонение стрелки от первоначального положения, т.е. от плоскости ЛЗП, даёт величину ДП.

#### Порядок работы.

1. Выйти на ЛЗП с  $МК_p$  или  $МК = ЗМПУ$ . Включить секундомер.
2. Через 5 - 15 минут полёта установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение МК и против острого конца стрелки снять значение МПР.
3. Сравнением МПР с ЗМПУ осуществить контроль пути:  
если  $ЗМПУ = МПР$  - самолёт на ЛЗП (позиция 1),  
если  $ЗМПУ < МПР$  - самолёт уклонился влево (позиция 2),  
если  $ЗМПУ > МПР$  - самолёт уклонился вправо (позиция 3).

#### Пример

$$ЗМПУ = 90^\circ$$

$$МКР = 85^\circ$$

$$УС_p = +5^\circ$$

$$t_{пр} = 10 \text{ мин}$$

$$t_{ост} = 20 \text{ мин}$$

$$МПР = 95^\circ$$

$$ДП = -5^\circ, БУ = -10^\circ,$$

$$УС_\phi = -5^\circ.$$

#### Решение:

1. Выполнить контроль пути по направлению:

$$а) ДП = ЗМПУ - МПР = 90^\circ - 95^\circ = -5^\circ$$

$$б) БУ = \frac{t_{ост}}{t_{пр}} \times ДП = \frac{20}{10} \times -5^\circ = -10^\circ$$

$$в) УС_\phi = УС_p + БУ = +5^\circ - 10^\circ = -5^\circ$$

Самолёт уклонился влево от ЛЗП.

2.2.2. Исправление пути по направлению выходом на ЛЗП.

Выполняется в случае, когда самолёт значительно уклонился от ЛЗП, и при необходимости строго выполнять полёт по ЛЗП.

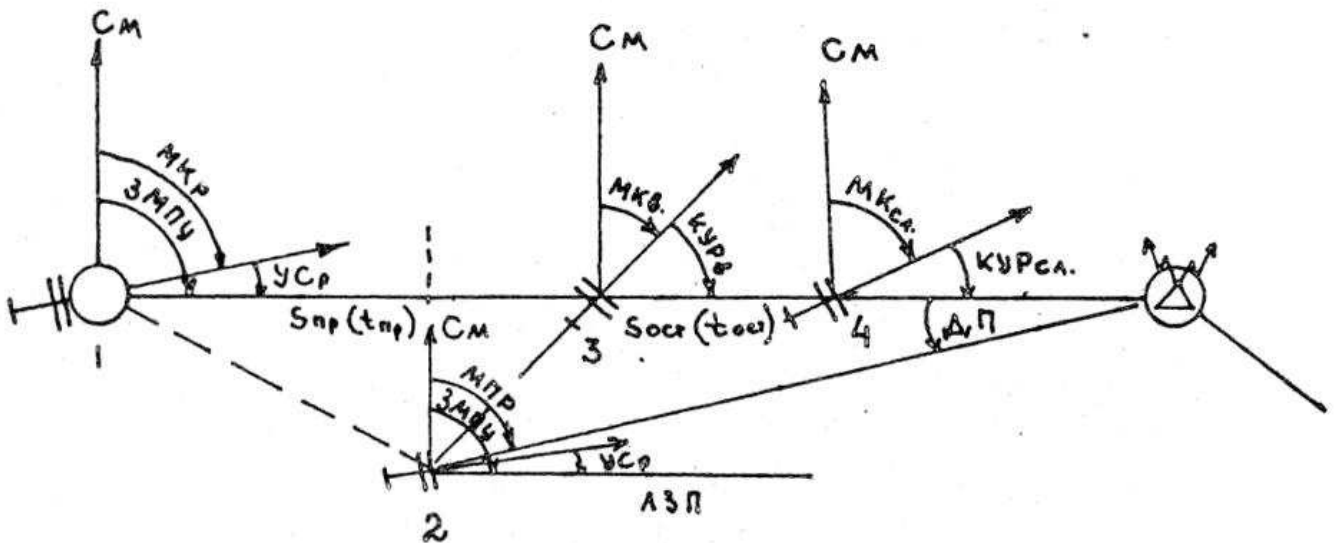


Рис. 12. Исправление пути выходом на ЛЗП.

Порядок работы.

1. Выйти на ЛЗП с МК<sub>р</sub> или МК = ЗМПУ. Включить секундомер (поз. I)
2. Через 5- 15 минут полёта установить рукояткой "КУРС" на СУШ МК и снять показания МПР против острого конца стрелки и определить

а)  $ДП = ЗМПУ - МПР$

б)  $БУ = \frac{t_{ост}}{t_{пр}} \times ДП$

в)  $УС_{\phi} = УС_{р} + БУ$

По знаку ДП определить величину и сторону уклонения самолёта от ЛЗП ( позиция 2 ).

$ЗМПУ > МПР$  - знак ДП "+" уклонить вправо,

$ЗМПУ < МПР$  - знак ДП "-" уклонить влево.

3. Рассчитать магнитный курс выхода на ЛЗП и КУР выхода на ЛЗП ( позиция 3 ).

$МК_{ВЫХ} = ЗМПУ \pm У_{ВЫХ}$
-------------------------------

где:  $U_{\text{вых}}$  - угол, равный 20 - 90 градусов, выбирается, исходя от величины уклонения самолёта от ЛЭП. Знак "+" при левом уклонении самолёта от ЛЭП; знак "-" при правом уклонении самолёта от ЛЭП.

$$\text{КУР}_{\text{вых}} = 360^\circ \mp U_{\text{вых}}$$

где: Знак "-" при левом уклонении самолёта от ЛЭП, а знак "+" при правом уклонении самолёта от ЛЭП.

4. После выхода на ЛЭП установить самолёт на  $\text{МК}_{\text{сл}}$  и осуществлять контроль пути по  $\text{КУР}_{\text{сл}}$ .

$$\begin{aligned} \text{МК}_{\text{сл}} &= \text{ЗМПУ} - (\pm \text{УС}_\phi) \\ \text{КУР}_{\text{сл}} &= 360^\circ + (\pm \text{УС}_\phi) \end{aligned}$$

Пример

$\text{ЗМПУ} = 90^\circ$   
 $\text{МК}_p = 85^\circ$   
 $\text{УС}_p = +5^\circ$   
 $t_{\text{пр}} = 10 \text{ мин}$   
 $t_{\text{ост}} = 20 \text{ мин}$   
 $\text{МПР} = 85^\circ$   
 $U_{\text{вых}} = 60^\circ$ 


---

 $\text{ДП} = +5^\circ$   
 $\text{БУ} = +10^\circ$   
 $\text{УС}_\phi = +15^\circ$   
 $\text{МК}_{\text{вых}} = 30^\circ$   
 $\text{КУР}_{\text{вых}} = 60^\circ$   
 $\text{МК}_{\text{сл}} = 75^\circ$   
 $\text{КУР}_{\text{сл}} = 15^\circ$

Решение:

1. Осуществить контроль пути:
  - а)  $\text{ДП} = \text{ЗМПУ} - \text{МПР} = 90^\circ - 85^\circ = +5^\circ$   
(уклонились вправо)
  - б)  $\text{БУ} = \frac{t_{\text{ост}}}{t_{\text{пр}}} \times \text{ДП} = \frac{20}{10} \times 5 = +10^\circ$
  - в)  $\text{УС}_\phi = \text{УС}_p + \text{БУ} = +5^\circ + 10^\circ = +15^\circ$
2. Рассчитать  $\text{МК}_{\text{вых}}$  и  $\text{КУР}_{\text{вых}}$  на ЛЭП:
  - а)  $\text{МК}_{\text{вых}} = \text{ЗМПУ} - U_{\text{вых}} = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$
  - б)  $\text{КУР}_{\text{вых}} = 360^\circ + U_{\text{вых}} = 360^\circ + 60^\circ = 60^\circ$
3. Рассчитать  $\text{МК}_{\text{сл}}$  и  $\text{КУР}_{\text{сл}}$  по ЛЭП:
  - а)  $\text{МК}_{\text{сл}} = \text{ЗМПУ} - (\pm \text{УС}_\phi) = 90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$
  - б)  $\text{КУР}_{\text{сл}} = 360^\circ + (\pm \text{УС}_\phi) = 360^\circ + 15^\circ = 15^\circ$

2.2.3. Исправление пути по направлению выходом на КГМ (ППМ)

Выполняется в случае, когда уклонение самолёта от ЛЭП и расстояние до радиостанции малы.

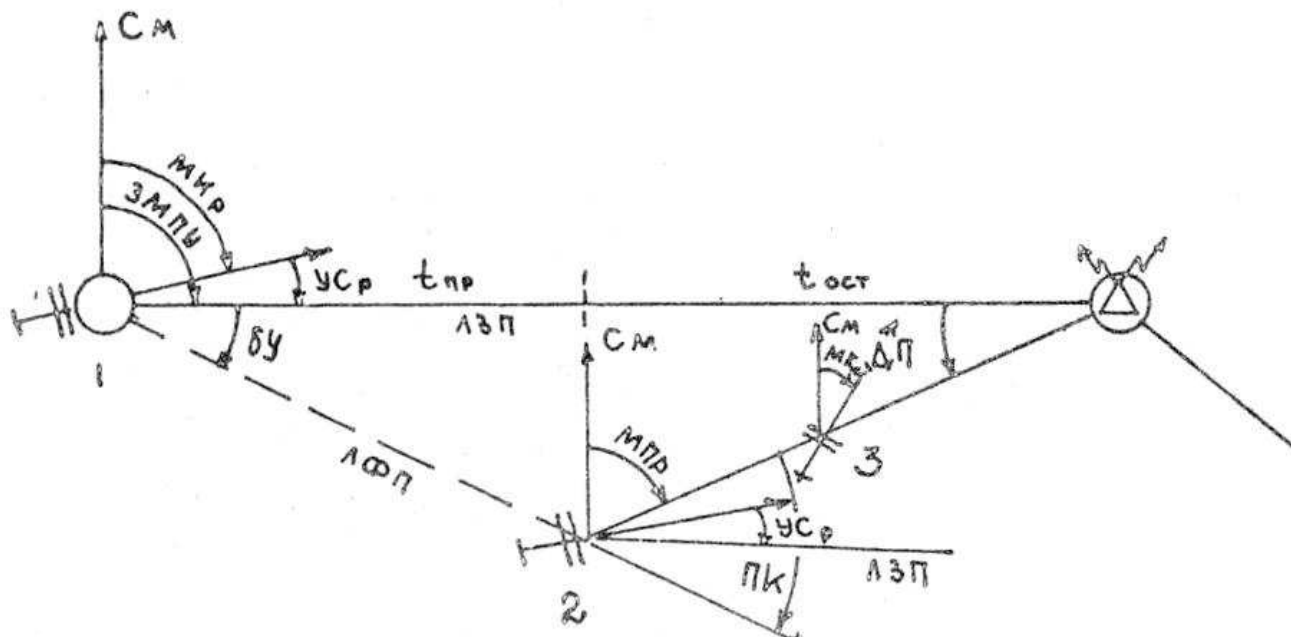


Рис. 13. Исправление пути выходом на КГМ ( ППМ ).

Порядок работы.

1. Выйти на ЛЭП с МК<sub>р</sub> или с МК = ЗМПУ. Включить секундомер (поз. 1)
2. Через 5 - 15 минут полёта установить рукояткой "КУРС" на СШ значение МК и против острого конца стрелки снять показания МПР. Определить ДП, БУ, УС<sub>φ</sub>, сторону и величину отклонения самолёта от ЛЭП ( позиция 2 ):

$$- \text{ДП} = \text{ЗМПУ} - \text{МПР}$$

$$- \text{БУ} = \frac{t_{\text{ост}}}{t_{\text{пр}}} \times \text{ДП}$$

$$- \text{УС}_{\phi} = \text{УС}_p + \text{БУ}$$

3. Рассчитать поправку в курс ( ПК ) и определить магнитный курс следования на КГМ ( ППМ ) (~~позиция 3~~):

$$\text{ПК} = \text{БУ} + \text{ДП}$$

$$\text{МК}_{\text{сл}} = \text{МК}_p - ( \pm \text{ПК} )$$

4. Развернуть самолёт на МК<sub>сл</sub> и следовать с этим курсом на КГМ ~~поз. 3~~ ( ППМ ). Контроль полёта по направлению в этом случае осущест-

↑  
Позиция 3

вляется по КУР, рассчитанному по формуле: ~~позиция 3~~

$$\text{КУР} = 360^\circ + ( \pm \text{УС}_\phi ).$$

Пример

$$\begin{aligned} \text{ЗМПУ} &= 90^\circ \\ \text{МК}_p &= 85^\circ \\ \text{УС}_p &= +5^\circ \\ t_{\text{пр}} &= 10 \text{ мин} \\ t_{\text{ост}} &= 20 \text{ мин} \\ \text{МПР} &= 85^\circ \end{aligned}$$

---


$$\begin{aligned} \text{ДП} &= +5^\circ \\ \text{БУ} &= +10^\circ \\ \text{УС}_\phi &= +15^\circ \\ \text{ПК} &= +15^\circ \\ \text{МК}_{\text{сл}} &= 70^\circ \end{aligned}$$

Решение:

1. Осуществить контроль пути по направлению

а)  $\text{ДП} = \text{ЗМПУ} - \text{МПР} = 90^\circ - 85^\circ = +5^\circ$

б)  $\text{БУ} = \frac{t_{\text{ост}}}{t_{\text{пр}}} \times \text{ДП} = \frac{20}{10} \times 5^\circ = +10^\circ$

в)  $\text{УС}_\phi = \text{УС}_p + \text{БУ} = +5^\circ + 10^\circ = +15^\circ$

Уклонились вправо от ЛЭП.

2. Осуществить исправление пути выходом на КТМ ( ПТМ )

а)  $\text{ПК} = \text{БУ} + \text{ДП} = +10^\circ + 5^\circ = +15^\circ$

б)  $\text{МК}_{\text{сл}} = \text{МК}_p - ( \pm \text{ПК} ) = 85^\circ - 15^\circ = 70^\circ$

2.2.4. Полёт на радиостанцию пассивным способом.

Применяется, когда расстояние до радиостанции незначительно ( до 50 км ), а ветер боковой слабый.

Сущность заключается в том, что полёт на радиостанцию осуществляется по радиокompасу. Удерживается КУР = 0, т.е. нос самолёта в процессе всего полёта направлен на радиостанцию. Контроль же пути по направлению осуществляется по гироиндукционному компасу. Изменение магнитного курса говорит об отклонении самолёта от ЛЭП. Если МК в процессе полёта увеличивается, это значит, что самолёт отклоняется влево от ЛЭП. Если МК в процессе полёта уменьшается – самолёт отклоняется вправо от ЛЭП.

Полёт совершается с переменным курсом по линии, называемой радиодроимией. Способ полёта на радиостанцию прост и удобен. Однако имеет ряд сложностей:

- увеличивается длина пути и время полёта,
- полёт осуществляется не по линии заданного пути, и в случае отказа радиокompаса возникает сложность с ориентировкой.

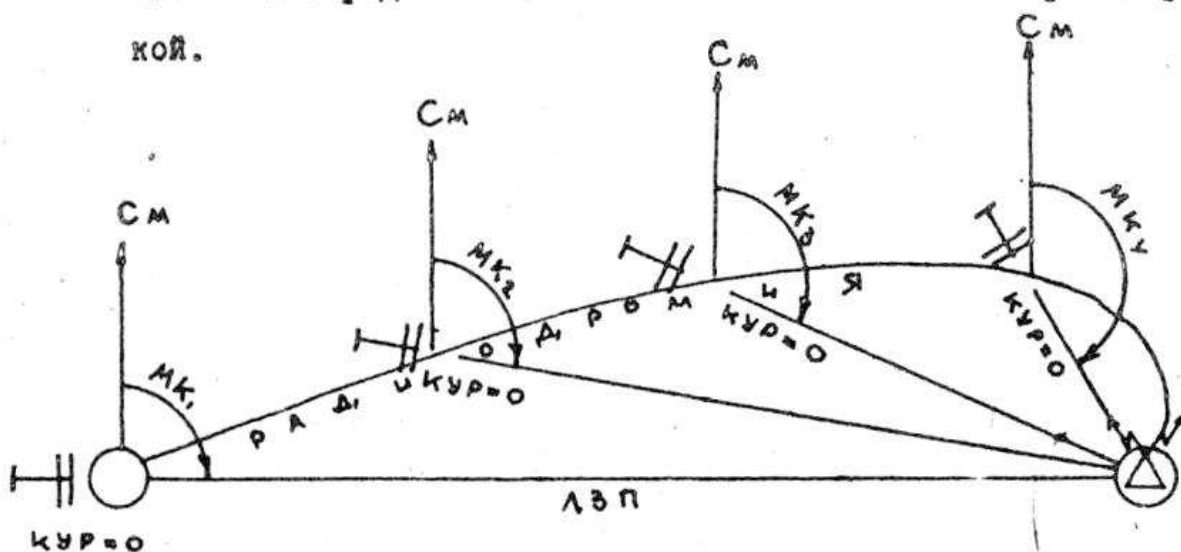


Рис. 14. Пассивный полёт на радиостанцию.

#### 2.2.5. Полёт на радиостанцию активным способом.

В этом случае полёт на радиостанцию выполняется по гирииндукционному компасу с учётом угла сноса. При этом стрелка указателя СУШ выдерживается на  $KУР = 360^\circ \frac{1}{4} УС$ .

Основным достоинством данного способа полёта на радиостанцию является то, что выход на радиостанцию обеспечивается с заданного направления. Самолёт при точности УС следует по ЛЭП.

#### 2.2.6. Выход на радиостанцию с нового заданного направления.

Осуществляется только по указанию диспетчера в целях безопасности полётов. Сущность заключается в следующем: диспетчер передаёт на борт самолёта новое направление выхода на аэродром посадки, т.е. приводную радиостанцию. Экипаж после этой команды определяет сторону разворота на новую ЛЭП путём сравнения новой ЛЭП с МПР, и осуществляет манёвр самолётом для выхода на неё с последующим полётом по новой ЛЭП.

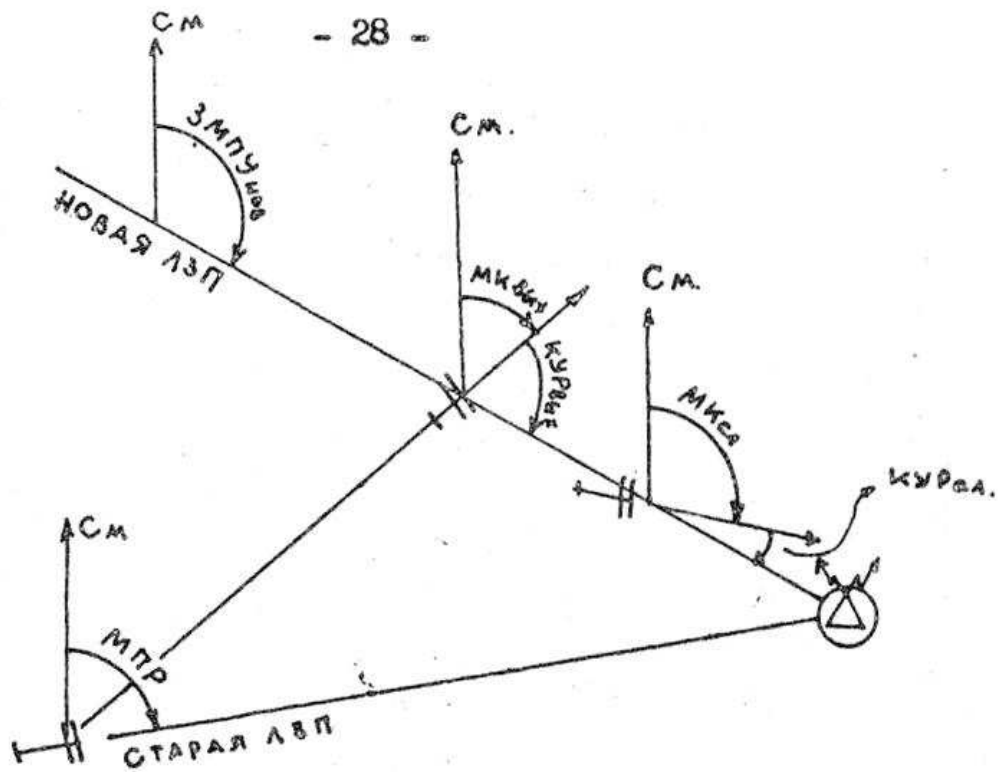


Рис. 15. Выход на радиостанцию с нового заданного направления.

Порядок работы.

1. Определить сторону разворота на новую ЛЭП путём сравнения ЗМПУ нового с МПР:  
 если  $ЗМПУ_{нов} > МПР$  - разворот влево,  
 если  $ЗМПУ_{нов} < МПР$  - разворот вправо.

2. Вывести самолёт на новую ЛЭП расчётов:

$$МК_{вых} = ЗМПУ \pm \gamma_{вых}$$

$$КУР_{вых} = 360^\circ \mp \gamma_{вых},$$

где  $\gamma_{вых}$  - угол, равный  $20^\circ - 90^\circ$ .

3. Следовать по новой ЛЭП с

$$МК_{сл} = ЗМПУ_{нов} - (\pm \gamma_{сф})$$

2.2.7. Определение момента пролёта радиостанции или её траверза.

Полёт на радиостанцию заканчивается моментом её пролёта. Этот момент экипажем ожидается. Приближение радиостанции ощущается поведением стрелки указателя курсовых углов. Она становится

более чувствительной. Момент пролёта радиостанции фиксируется по изменению КУР на  $180^\circ$ , если прошли её точно, и изменением на  $90^\circ$ , если прошли радиостанцию в стороне.

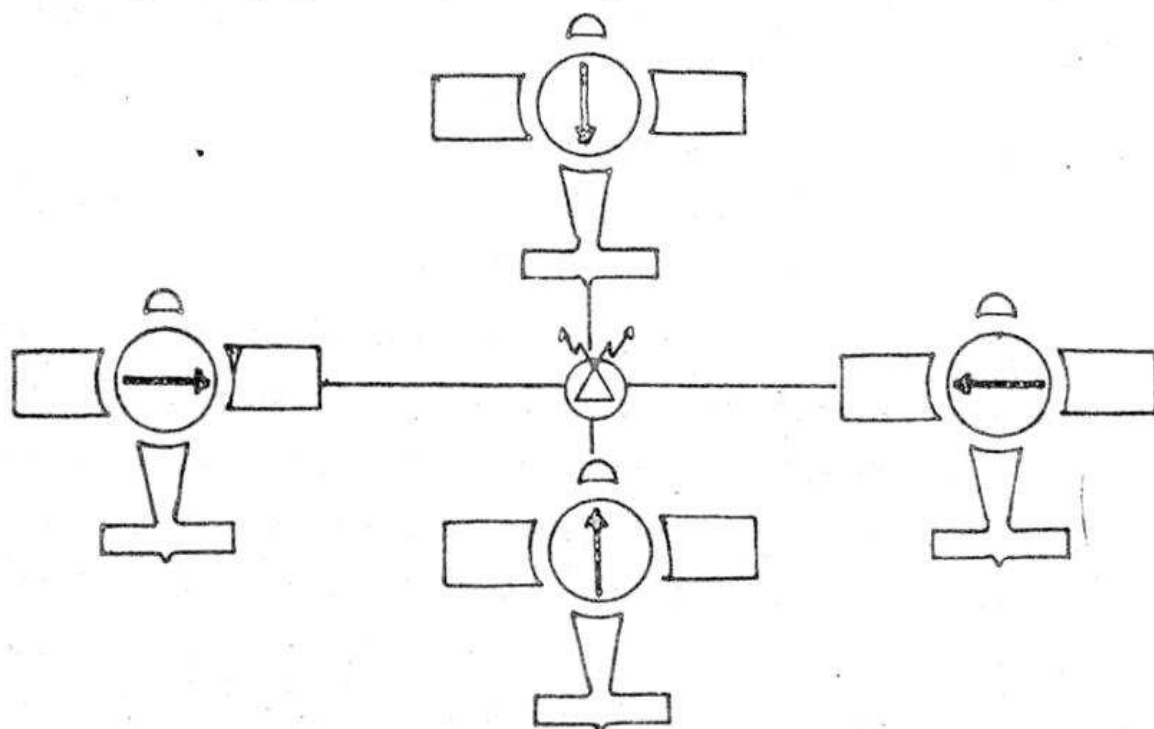


Рис. 16. Определение момента пролёта радиостанции.

Правда, когда стрелка СУИ установилась на  $180^\circ$ , то это значит, что самолет уже пролетел вертикаль радиостанции. Момент более точного пролёта радиостанции определяют по поведению стрелки. Точно над радиостанцией она ведёт себя неустойчиво. Дергается влево или вправо, а затем уже устойчиво следует на  $180^\circ$ .

#### 2.2.8. Определение места самолёта пеленгованием двух радиостанций.

Определяя место самолёта пеленгованием радиостанций, летнаб осуществляет полный контроль пути, т.е. как по направлению, так и по дальности, но и способствует восстановлению ориентировки. Поэтому определение места самолёта с помощью радиоконпаса имеет большое значение в самолётовождении. Сущность данного способа определения места самолёта заключается в следующем. На предварительной подготовке к полёту летнаб выбирает две радиостанции на полётной карте, которые он будет пеленговать. Причем их взаимное рас-

положение должно быть таким, чтобы их пеленги пересекались под углом в пределах  $30^{\circ}$  -  $150^{\circ}$ . Если полёт выполняется от радиостанции или на радиостанцию, то выбирается вторая радиостанция с боку маршрута.

Выбрав радиостанции, летяб прокладывает на карте азимутальные круги и секторы от этих радиостанций и отмечает на них значения магнитных пеленгов самолёта.

В полёте поочерёдно снимая магнитные пеленги самолёта с радиостанций, летяб прокладывает их на карте и место пересечения пеленгов даёт место самолёта ко времени второго пеленгования. Причём, первую радиостанцию для пеленгования выбирают ту, пеленг которой в процессе полёта изменяется незначительно. Если время между двумя пеленгованиями не превышает 2 мин, то место самолёта считается действительным. В случае, когда между первым и вторым пеленгованием время превышает 2 минуты, то необходимо первый пеленг перенести параллельно самому себе на расстояние, которое самолёт пролетел за это время. Причём, это расстояние откладывается по линии курса. Пересечение перенесённого пеленга со вторым пеленгом и будет действительное место самолёта ко времени второго пеленгования.

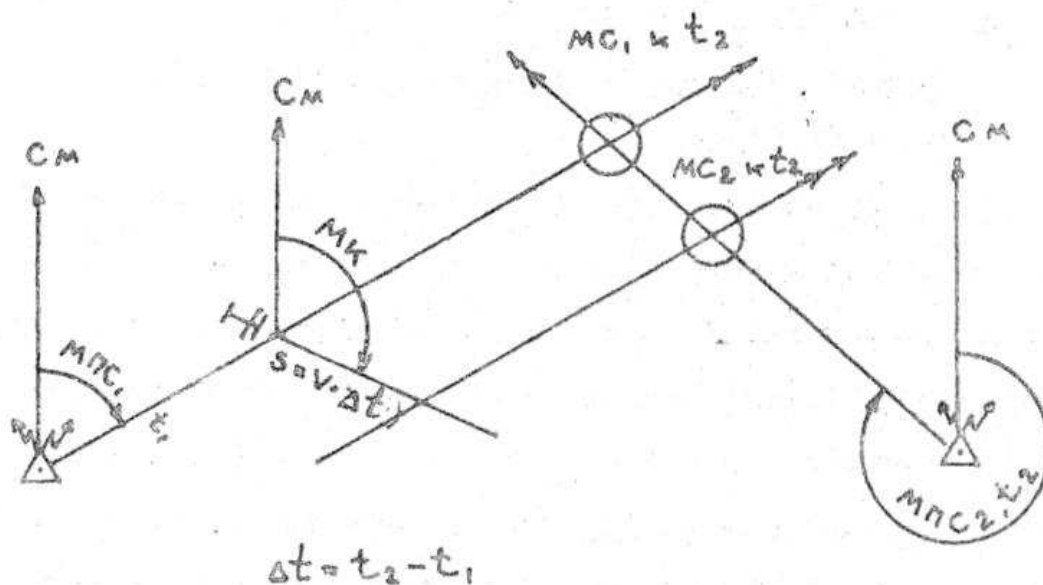


Рис. 17. Определение места самолёта пеленгованием 2-х р/станций.

31 -  
Порядок работы.

1. Настроить АРК на первую радиостанцию. Установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение магнитного курса и снять против тупого конца значение  $MPC_1$ , а с часов  $t_1$ . Записать в журнал.
2. Настроить АРК на вторую радиостанцию. Уточнить "КУРС" на СУШ и снять второе значение  $MPC_2$  и время  $t_2$ .
3. Проложить на карте два радиопеленга  $MPC_1$  и  $MPC_2$ . Точка их пересечения даст MC ко второму времени пеленгования  $t_2$ .
4. Если время между  $t_2$  и  $t_1$  превышает 2 мин, т.е.  $\Delta t = t_2 - t_1$   
 $\Delta t > 2$  мин, то необходимо:
  - а) Рассчитать путь самолёта за это  $\Delta t$ . Он равен:
$$S = V(W) \times \Delta t.$$
  - б) Отложить этот путь  $S$  из любой точки первого пеленга в направлении МК.
  - в) Перенести первый пеленг на конец пути  $S$ . Пересечение перенесённого первого пеленга со вторым и даст MC ко времени  $t_2$  для этого случая.

Точность определения места самолёта пеленгованием радиостанций зависит от угла пересечения радиопеленгов, точности снятия радиопеленгов с СУШ, а также удаления радиостанций.

Если обозначить удаление радиостанций буквой "Д", точность пеленгования " $\Delta П$ ", а пересечение радиопеленгов " $\omega$ ", то радиус круга вероятного местонахождения самолёта " $\gamma$ " будет равен:

$$\gamma \gamma = 0,017 \times \frac{\sqrt{D_1^2 + D_2^2}}{\sin \omega} \times \delta П,$$

где  $\gamma \gamma$  и  $\delta П$  - среднеквадратические значения радиуса круга и ошибки пеленгования радиостанций соответственно.

Анализируя формулу, можно сделать вывод, что для повышения точности определения места самолёта пеленгованием радиостанций, надо выбирать радиостанции, которые ближе расположены к самолёту, чтобы их пеленги пересекались под  $90^\circ$  (в пределах  $30-150^\circ$ ) и более точно снимать радиопеленги.

*Кератова*

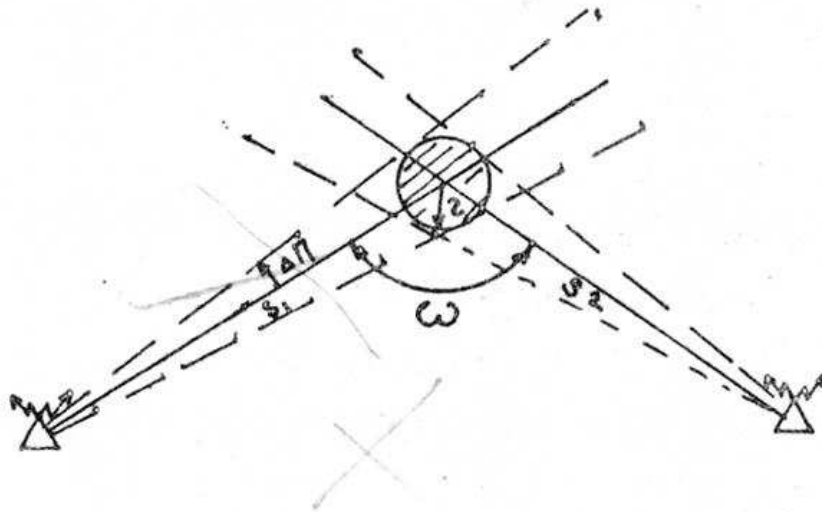


Рис. 18. Точность определения МС пеленгованием радиостанций.

2.2.9. Определение места самолёта двукратным пеленгованием одной боковой радиостанции.

Этот способ получения места самолёта ввиду его простоты имеет существенный недостаток. Дело в том, что пеленгуя одну боковую радиостанцию дважды, надо разнести пеленги так, чтобы они пересеклись под углом в пределах  $30^{\circ}-150^{\circ}$ . Как нам уже известно, причём не меняя курса, т.е. надо пройти значительный путь с одним курсом, чтобы выполнить этот способ определения места самолёта.

При авиалесоохранных работах это сложно. Однако, когда летнаб располагает только одной радиостанцией, то надо уметь им воспользоваться.

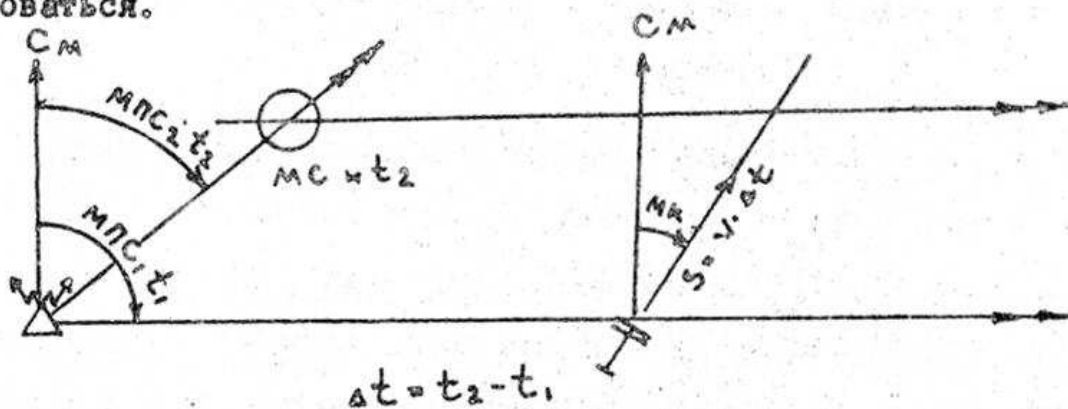


Рис. 19. Определение места самолёта двукратным пеленгованием одной боковой радиостанции.

Порядок работы.

1. Выбрать боковую радиостанцию, настроиться на нее. Установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение истинного курса и снять против тупого конца стрелки значение ИПС<sub>1</sub>. Записать в бортжурнал ИПС<sub>1</sub> и время пеленгации  $t_1$ .
2. Продолжая полёт с тем же курсом, наблюдать за стрелкой СУШ. Когда стрелка СУШ изменит свое положение от первоначального на 30°, уточнить истинный курс на СУШ и снять значение ИПС<sub>2</sub>. Записать в бортжурнал ИПС<sub>2</sub> и время второго пеленга  $t_2$ .
3. Рассчитать расстояние, пройденное самолётом за промежуток времени между двумя пеленгованиями.

$$S = V(w)\Delta t,$$

где  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

4. Отложить  $S$  из любой точки первого пеленга по линии курса и через конец отрезка  $S$  перенести первый пеленг до пересечения его со вторым. Точка пересечения пеленга с вторым и будет МС ко времени второго пеленгования  $t_2$ .

2.2.10. Контроль пути по дальности по боковой радиостанции.

Контроль пути по дальности нужен для обеспечения прибытия в пункт назначения в установленное время. Для этой цели на маршруте выбирается рубеж в виде характерного площадного или линейного ориентира. Затем летнаб определяет расчётное время прибытия на этот рубеж, которое гарантирует установленное время прибытия в пункт назначения. Если фактическое время прохода рубежа отличается от расчётного, то летнаб должен ликвидировать этот дефицит времени путём маневрирования скоростью. Для контроля пути по дальности не всегда можно найти подходящий рубеж на маршруте хорошо заметном с воздуха, особенно при полётах по охране лесов от пожаров. Когда полёт совершается над лесными массивами, то в этом случае в ка-

честве рубежа контроля по дальности может служить предвычисленный магнитный пеленг боковой радиостанции.

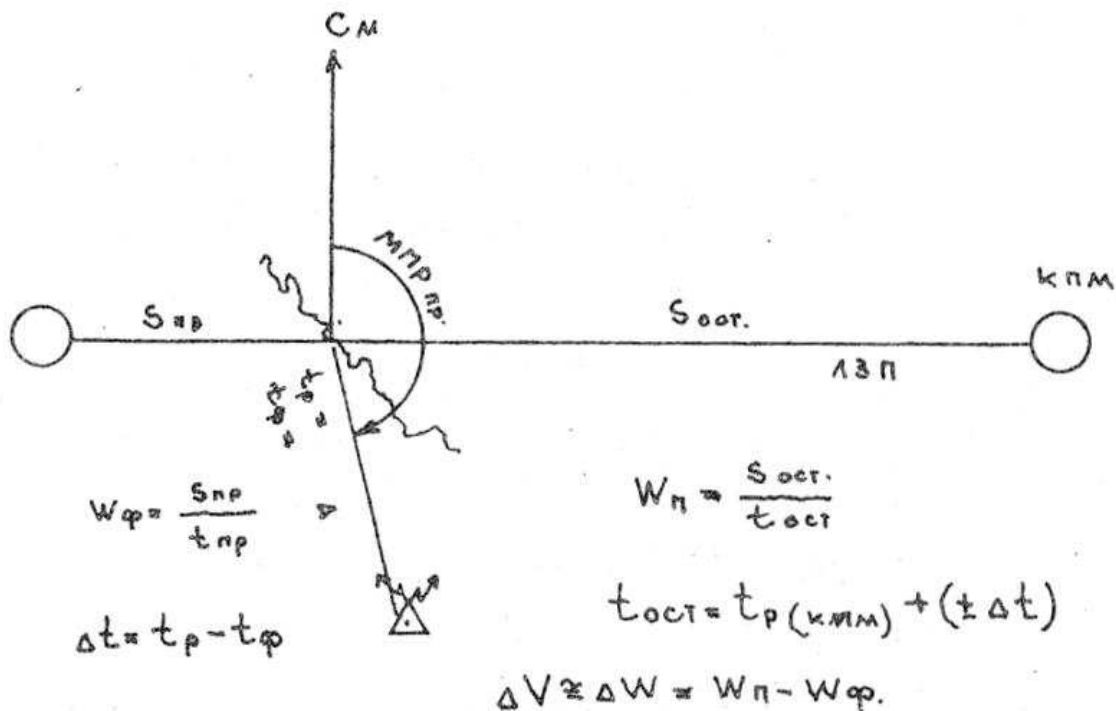


Рис. 20. Контроль пути по дальности по боковой радиостанции.

Порядок работы.

1. При подготовке к полёту, выбрать боковую радиостанцию для контроля пути по дальности. Проложить на карте на неё предвычисленный магнитный пеленг в качестве рубежа контроля. Измерить значение пеленга и записать на карте.
2. В полёте настроиться на выбранную боковую радиостанцию. Установить рукояткой "КУРС" на СУШ значение магнитного курса. Следить за показаниями острого конца стрелки. Как только она покажет МПР равным расчётному (самолёт на рубеже), записанному на карте, выключить секундомер.
3. Сравнить расчётное время прибытия на рубеж с фактическим. Если разница не превышает 2 - 3 минут, ликвидировать её маневром скорости. Для чего:

а) определить фактическую путевую скорость  $W_{\phi} = \frac{S_{пр}}{t_{пр}}$

б) определить требуемую путевую скорость

$$W_n = \frac{S_{осм}}{t_{осм}}$$

где  $t_{ост}$  - время, которое осталось для своевременного прибытия в пункт назначения,

в) определять поправку в воздушную приборную скорость по формуле:

$$\Delta W \approx \Delta V \approx W_n - W_{\varphi}$$

г) измерить скорость самолёта по прибору на величину  $\Delta V$ , при знаке "+" - увеличить, при знаке "-" - уменьшить.

4. Если дефицит времени  $\Delta t$  превышает 3 минуты, то необходимо рассчитать новое время прибытия в пункт назначения и сообщить его диспетчеру.

Мы рассмотрели применение угломерных радиотехнических систем в целях самолётовождения, в частности использование радиоконпаса в самолётовождении. Надо отметить, что радиоконпас более широко и многогранно используется в авиации для решения более многочисленных задач. Например, для расчёта и захода на посадку в сложных метеоусловиях. Мы же рассмотрели те случаи применения радиоконпаса, которые больше всего приемлемы в авиалесоохранных работах.

### 3. САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ РАДИОПЕЛЕНГАТОРА.

Радиопеленгатор так же, как и радиокомпас входит в состав угломерных радиотехнических систем, т.е. он работает в совокупности с радиостанцией. Если радиокомпас размещается на самолёте, а радиостанция на земле, то наоборот, радиопеленгатор размещается на земле, а на самолёте используется бортовая радиостанция.

Радиопеленгатор - это радиоприёмное устройство направленного приёма, а бортовая радиостанция, в данном случае, это передатчик. Таким образом, чтобы получить пеленг пеленгатора, необходимо его запросить, используя бортовую радиостанцию. Момент запроса пеленгуется пеленгатором, и на борт самолёта передается значение пеленга. Разумеется, что экипаж должен знать, в этом случае, местонахождение пеленгатора.

Наземные пеленгаторы работают в диапазоне тех частот, что и бортовые радиостанции. Причем, выбирается одна определённая частота из диапазона частот бортовой радиостанции. Эта частота или канал называется каналом пеленгации. Так как, частота пеленгации одна, то из всех летающих самолётов пеленгатором обслуживается только тот, кто запрашивает пеленг, т.е. один самолёт. Другой самолёт может получить пеленг только после прекращения связи с пеленгатором первым самолётом.

Для экипажа наземный пеленгатор не является автономным средством пеленгации. Пеленг экипаж может запросить только в случае, когда он свободен от обслуживания других самолётов. Это его свойство ограничивает возможность применения для самолётовождения. Поэтому основным угломерным средством в целях самолётовождения является радиокомпас, а радиопеленгатор как правило используется в особых случаях. В данном пособии рассматривается использование УКВ радиопеленгаторов в целях самолётовождения, как наиболее приемлемые при полётах по авиационной охране лесов.

В гражданской авиации применяются коротковолновые (КВ) и ультракоротковолновые (УКВ) радиопеленгаторы. Дальность и точность пеленгования зависят от мощности бортовых радиопередатчиков, типа радиопеленгатора и высоты полёта самолёта.

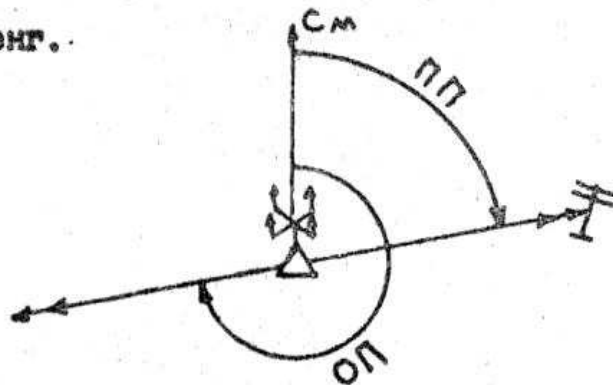
В зависимости от запроса, на борт самолёта может быть сообщено либо пеленг от радиопеленгатора на самолёт "Прямой пеленг", либо от самолёта на радиопеленгатор "Обратный пеленг".

Прямой пеленг "ПП".

Это угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана, проходящего через радиопеленгатор, и направлением на самолёт. Измеряется в градусах от 0 до 360 по часовой стрелке.

Обратный пеленг "ОП" или "Прибой".

Это угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана, проходящего через радиопеленгатор, и направлением в точку от самолёта через радиопеленгатор. Измеряется в градусах от 0 до 360 по часовой стрелке. Обратный пеленг - это изменяемый на  $180^\circ$  прямой пеленг.



Тип пеленгатора	Дальность действия (км)	Точность пеленга (град)	Высота полёта (м)
1. КВ радиопеленгатор дальнего действия	5000 -	0,7-0,9	
	6000		
2. КВ радиопеленгатор ближнего действия	600 -	1,5-2,0	
	1000		
3. УКВ радиопеленгатор	100	2,0-3,0	1000
	180	2,0-3,0	3000
	300	2,0-3,0	10000

Задачи, решаемые с помощью наземных радиопеленгаторов.

В принципе, задачи самолётовождения, решаемые с помощью радиопеленгатора такие же, как и с помощью радиокompаса. Отличие состоит лишь в том, что вместо МПС, МПР экипаж запрашивает ИШ и ОП. Определяет момент выхода на ЛЗП не по КУР<sub>пр</sub>, а по запрашиваемым ПП и ОП и сравнивает их с предвычисленными. При авиалесоохранных работах круг задач сокращён, и рассмотрены только те, которые реально могут быть решены летнабом в патрульном полёте:

- Контроль пути по направлению полётом на радиопеленгатор и от радиопеленгатора .
- Исправление пути выходом на радиопеленгатор. Определять выход на радиопеленгатор или его траверз.
- Определять место самолёта.

3.1. Полёт от радиопеленгатора.

Выполняется по компасу с контролем по радиопеленгу, периодически запрашиваемому от радиопеленгатора. При полёте от радиопеленгатора в целях самолётовождения решаются следующие задачи:

1. Контроль пути по направлению.
2. Исправление пути по направлению.
- 3.1.1. Контроль пути по направлению.

Осуществляется в случае, когда радиопеленгатор находится в ИПМ (ППМ) или в любой точке на продолжении ЛЗП, путём сравнения прямого пеленга (ПП) с ЗМПУ. В результате определяется боковое уклонение (БУ), величина и знак которого и даёт уклонение самолёта от ЛЗП.

$$БУ = ПП - ЗМПУ$$

Если  $ПП = ЗМПУ$  - самолёт находится на ЛЗП.

Если  $ПП > ЗМПУ$  - самолёт уклонился вправо от ЛЗП.

Если  $ПП < ЗМПУ$  - самолёт уклонился влево от ЛЗП.

Определить фактический угол сноса:

$$УС_{\phi} = УС_{р} + ( \pm БУ ).$$

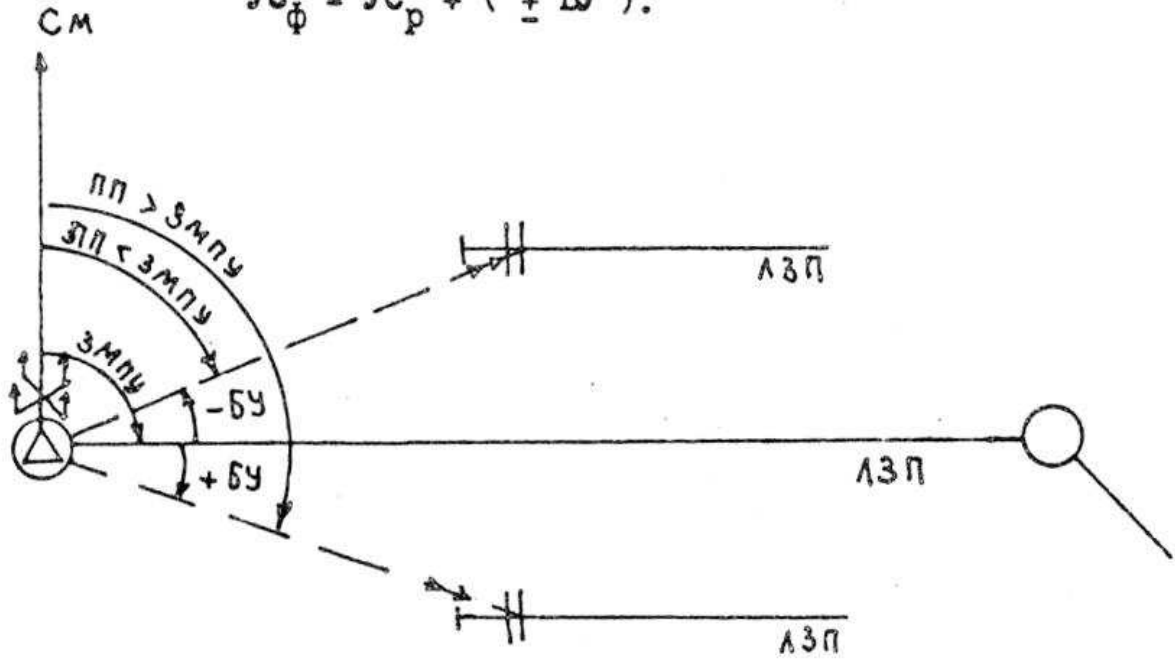


Рис. 21. Контроль пути по направлению полётом от радиопеленгатора.

Порядок работы.

1. Выйти на ЛЗП с МК<sub>р</sub> или МК = ЗМПУ.
2. Через 5 - 15 минут полёта запросить прямой пеленг (ПП) и определить БУ:

$$БУ = ПП - ЗМПУ$$

3. По знаку и величине БУ определить уклонение самолёта от ЛЗП.

Пример:

$$ЗМПУ = 90^{\circ}$$

$$МК_{р} = 85^{\circ}$$

$$УС_{р} = +5^{\circ}$$

$$ПП = 95^{\circ}$$

---


$$БУ = +5^{\circ}$$

$$УС_{\phi} = 0^{\circ}$$

Решение:

1. Осуществить контроль пути:

$$БУ = ПП - ЗМПУ = 95 - 90 = +5^{\circ}$$

$$УС_{\phi} = УС_{р} + ( \pm БУ ) = +5 - 5 = 0^{\circ}$$

2. Самолёт уклонился вправо, БУ = +5°

Надо исправлять путь.

3.1.2. Исправление пути по направлению выходом в КПМ (ППМ).

Осуществляется путём ввода поправки в курс.

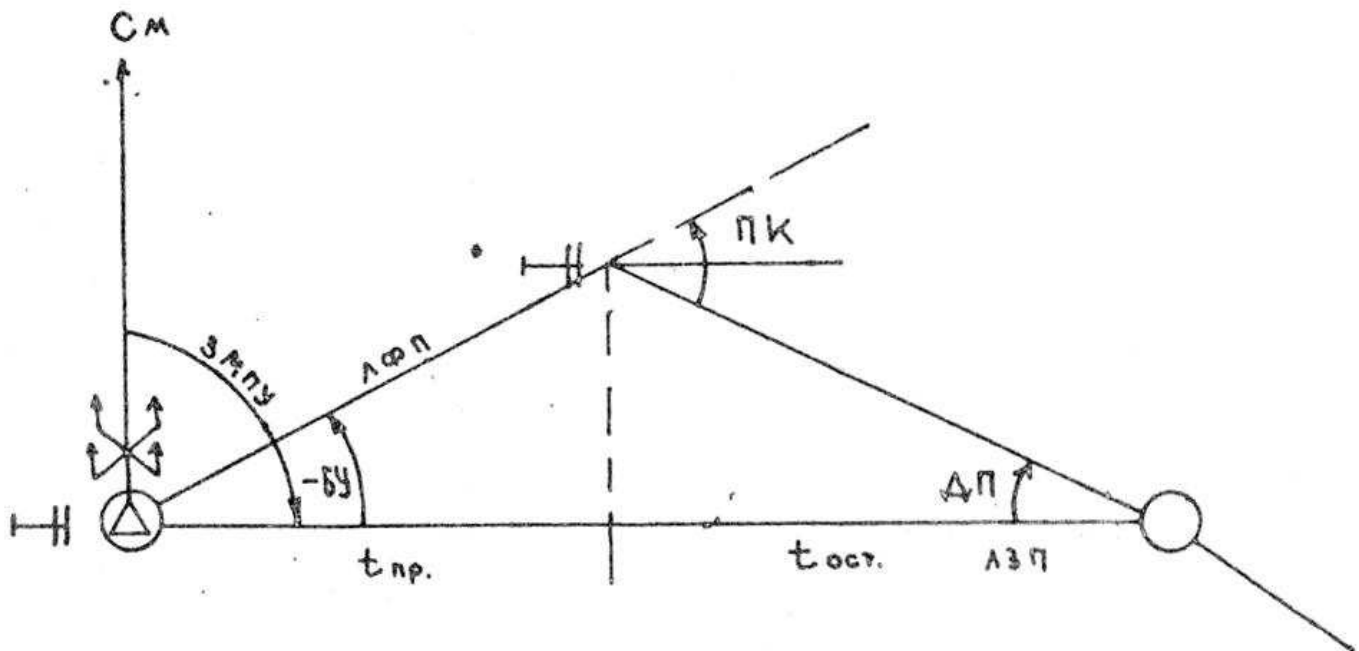


Рис. 22. Исправление пути выходом в КПМ (ППМ).

Порядок работы.

1. Выйти на ЛЗП с  $МК_p$  или  $МК = ЗМУ$ .
2. Через 5 - 15 минут полёта запросить прямой пеленг (ПП), сравнивая его с ЗМУ определить боковое уклонение и  $УС_\phi$ .

$$БУ = ПП - ЗМУ$$

$$УС_\phi = УС_p + (\pm БУ)$$

3. Определить сторону и величину уклонения от ЛЗП. Исправить путь выходом в ППМ (КПМ), для чего рассчитать поправку в курс:

$$ПК = БУ + ДП$$

или

$$ПК = \frac{t_{общ}}{t_{ост}} \times БУ$$

4. Развернуть самолёт на  $МК_{испр} = МК_p - (\pm ПК)$

Пример:

$$\begin{aligned} \text{ЗМПУ} &= 90^\circ \\ \text{МК}_p &= 85^\circ \\ \text{УС}_p &= +5^\circ \\ t_{\text{пр}} &= 10 \text{ мин} \\ t_{\text{ост}} &= 20 \text{ мин} \\ \text{ПШ} &= 80^\circ \\ \hline \text{БУ} &= -10^\circ \\ \text{УС}_\phi &= -5^\circ \\ \text{ПК} &= -15^\circ \\ \text{МК}_{\text{испр}} &= 100^\circ \end{aligned}$$

Решение:

1. Осуществить контроль пути:

$$\text{БУ} = \text{ПШ} - \text{ЗМПУ} = 80 - 90 = -10^\circ$$

$$\text{УС}_\phi = \text{УС}_p + (\pm \text{БУ}) = +5 - 10 = -5^\circ$$

2. Исправить путь выходом в КПМ (ППМ):

а) рассчитать поправку в курс:

$$\text{ПК} = \frac{t_{\text{общ}}}{t_{\text{ост}}} \times \text{БУ} = \frac{30}{20} \times (-10) = -15^\circ$$

б) рассчитать  $\text{МК}_{\text{испр}}$ :

$$\text{МК}_{\text{испр}} = \text{МК}_p - (\pm \text{ПК}) = 85 + 15 = 100^\circ$$

3.1.3. Исправление пути по направлению выходом на ЛЭП.

Осуществляется так же, как и с помощью радиокompаса. Отличие составляет то, что пеленг запрашивают, а контроль выхода на ЛЭП осуществляется либо визуально, либо по времени полёта от прямого пеленга до ЛЭП.

3.2. Полёт на радиопеленгатор.

Выполняется по компасу с контролем по радиопеленгу, периодически запрашиваемому у радиопеленгатора. При полёте на радиопеленгатор решаются следующие задачи самолётовождения:

- контроль пути по направлению;
- исправление пути по направлению;
- выход на радиопеленгатор или его траверз;

### 3.2.1. Контроль пути по направлению.

Осуществляется, когда радиопеленгатор находится в КИМ (ИКИМ) или в любой точке ЛЗП, путём сравнения обратного пеленга (ОП) с ЗМПУ. В результате определяется дополнительная поправка (ДП):

$$ДП = ЗМПУ - ОП$$

Если  $ОП = ЗМПУ$  - самолёт на ЛЗП,

Если  $ОП < ЗМПУ$  - самолёт уклонился вправо от ЛЗП,

Если  $ОП > ЗМПУ$  - самолёт уклонился влево от ЛЗП.

Зная пройденное и оставшееся расстояния или время, можно определить боковое уклонение, которое равно:

$$БУ = \frac{S_{ост} (t_{ост})}{S_{пр} (t_{пр})} \times ДП$$

Зная БУ, определим фактический угол сноса:

$$УС_{ф} = УС_{р} \pm (\pm БУ)$$

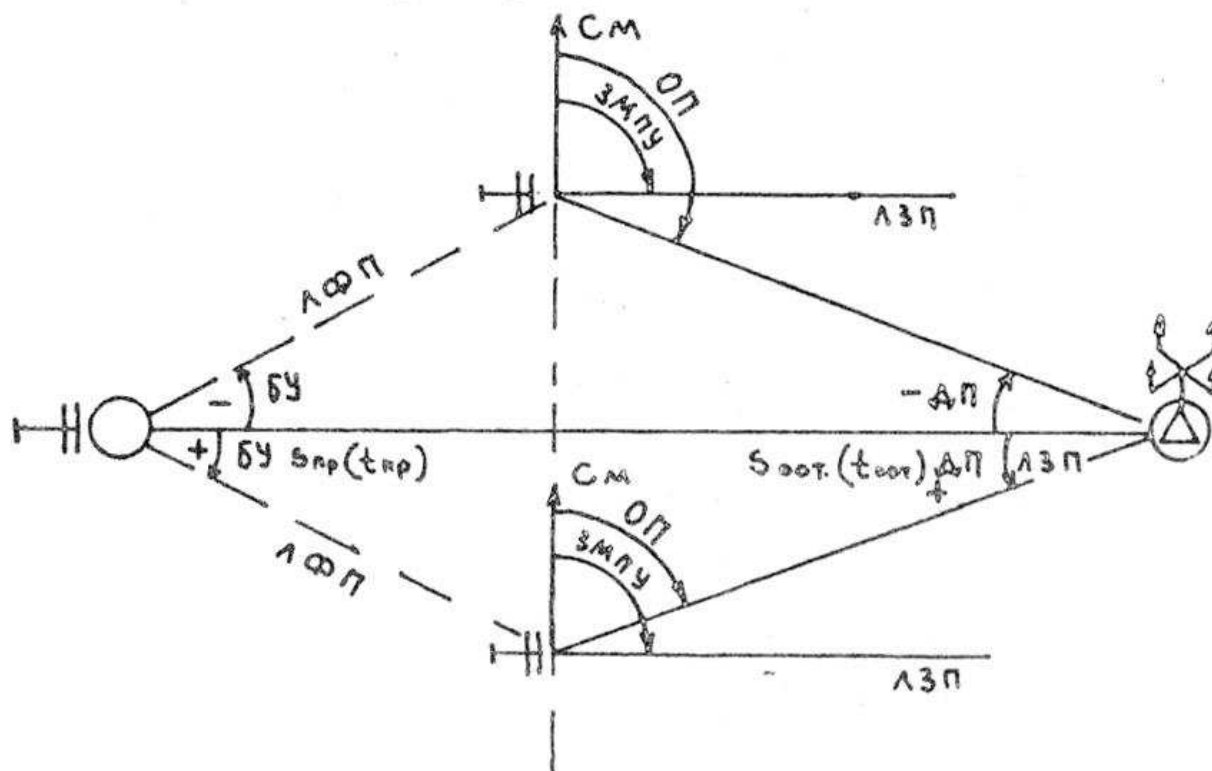


Рис. 23. Контроль пути по направлению при полёте на радиопеленгатор.

Пример:

$ZMPY = 90^\circ$   
 $MK_p = 85^\circ$   
 $UC_p = +5^\circ$   
 $t_{пр} = 10 \text{ мин}$   
 $t_{ост} = 20 \text{ мин}$   
 $OP = 95^\circ$ 


---

 $ДП = -5^\circ$   
 $БУ = -10^\circ$   
 $UC_\phi = -5^\circ$

Решение:

1. Определить уклонение самолёта от ЛЗП:

$ДП = ZMPY - OP = 90 - 95 = -5^\circ$   
 Самолёт уклонился влево от ЛЗП.

2. Определить БУ и  $UC_\phi$ :

$$БУ = \frac{t_{ост}}{t_{пр}} \times ДП = \frac{20}{10} \times (-5) = -10^\circ$$

$$UC_\phi = UC_p + (\pm БУ) = +5 - 10 = -5^\circ$$

Необходимо исправить курс, т.к.  
 $БУ > 2^\circ$

3.2.2.1 Исправление пути выходом на радиопеленгатор.

Осуществляется вводом поправки в курс (ПК).

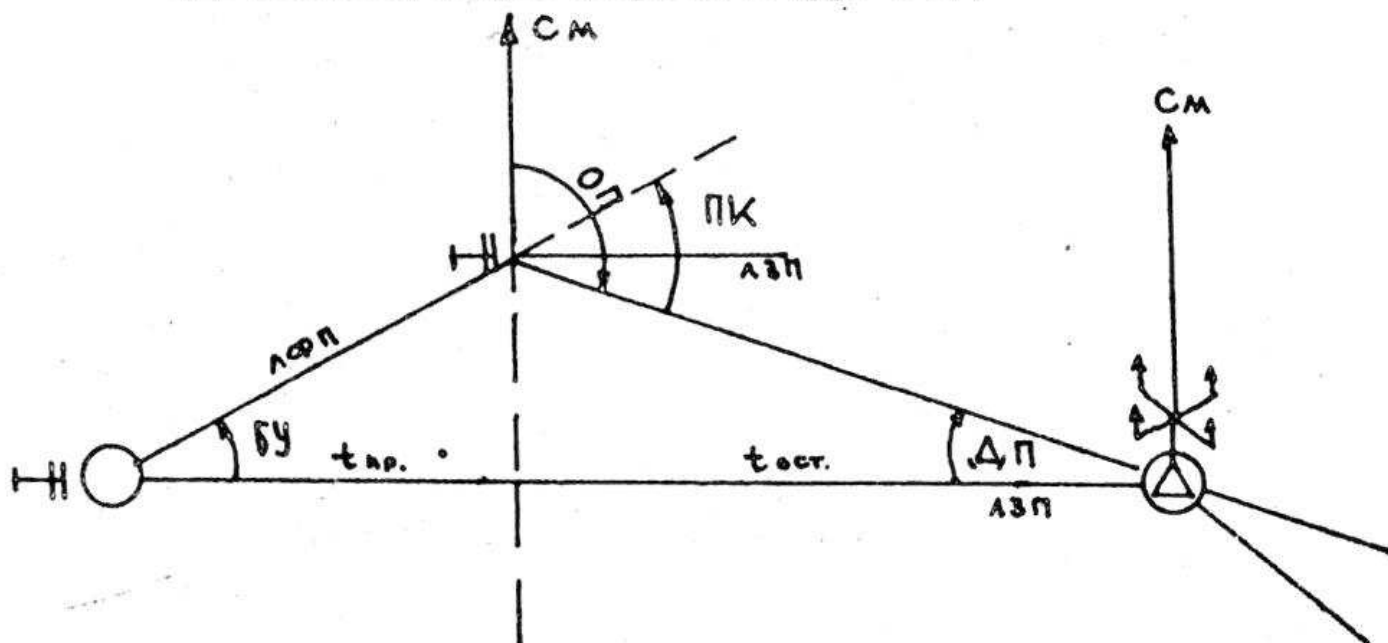


Рис. 24. Исправление пути вводом поправки в курс.

Порядок работы.

1. Выйти на ЛЗП с  $MK_p$  или  $MK = ZMPY$ .
2. Через 5 - 15 минут полёта запросить ОП. Сравнить его с  $ZMPY$  и определить:

$$ДП = ЗМПУ - ОП$$

$$БУ = \frac{t_{ост}}{t_{пр}} \times ДП$$

$$УС_{\phi} = УС_p + (\pm ДП)$$

2. Если  $БУ > 2^{\circ}$ , то рассчитать ПК и исправить курс:

$$ПК = БУ + ДП$$

$$ПК = \frac{t_{общ}}{t_{ост}} \times БУ$$

3. Исправить курс на ПК:

$$МК_{испр} = МК_p - (\pm ПК)$$

Пример:

$$ЗМПУ = 90^{\circ}$$

$$МК_p = 85^{\circ}$$

$$УС_p = +5^{\circ}$$

$$t_{пр} = 10 \text{ мин}$$

$$t_{ост} = 20 \text{ мин}$$

$$ОП = 95^{\circ}$$

---


$$ДП = - 5^{\circ}$$

$$БУ = - 10^{\circ}$$

$$УС_{\phi} = - 5^{\circ}$$

$$ПК = - 15^{\circ}$$

$$МК_{испр} = 100^{\circ}$$

Решение:

1. Осуществить контроль пути:

$$ДП = ЗМПУ - ОП = 90 - 95 = - 5^{\circ}$$

$$БУ = \frac{t_{ост}}{t_{пр}} \times ДП = \frac{20}{10} \times (-5) = -10^{\circ}$$

2. Исправить путь выходом на радиопеленгатор:

$$ПК = БУ + ДП = - 5 - 10 = - 15^{\circ} \text{ или}$$

$$ПК = \frac{t_{общ}}{t_{ост}} \times БУ = \frac{30}{20} \times (-10) = - 15^{\circ}$$

3. Рассчитать исправленный курс:

$$МК_{испр} = МК_p - (\pm ПК) = 85 + 15 = 100^{\circ}$$

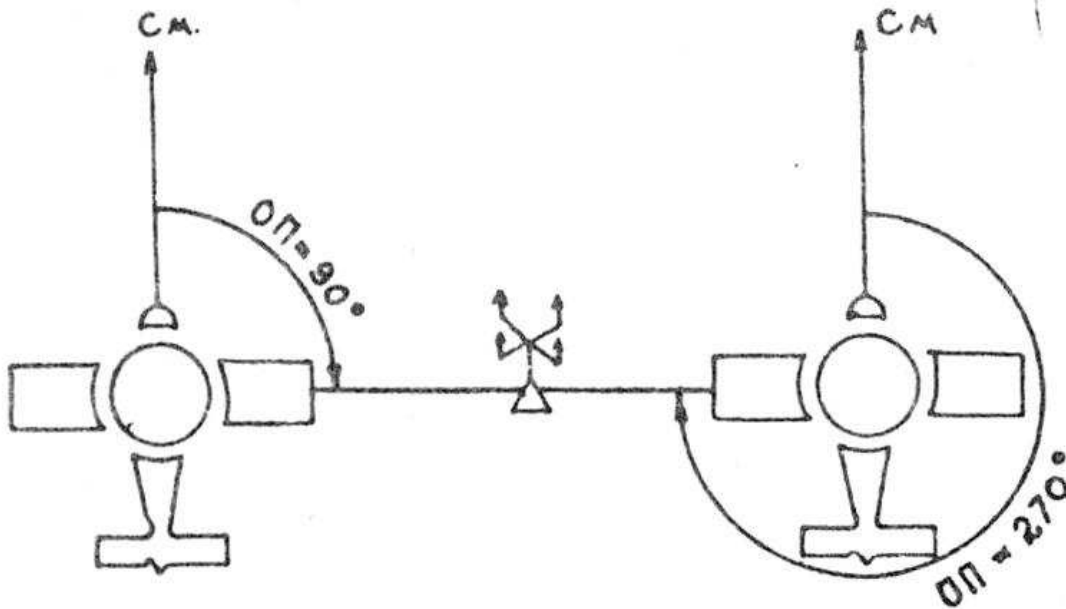
### 3.2.2.2. Исправление пути выходом на ЛЭП.

Осуществляется так же, как и с помощью радиоконуса. Контроль выхода на ЛЭП в этом случае выполняется визуально или рассчитывают время полёта до ЛЭП.

### 3.2.3. Определение момента пролёта радиопеленгатора или его траверза.

Это важный элемент самолётовождения, особенно, если отказал радионавигатор. В этом случае при приближении к радиопеленгатору, а это можно знать по времени полёта, частота запроса обратного пеленга увеличивается. Момент, когда обратный пеленг изменился на  $180^\circ$ , является проходом радиопеленгатора. Конечно, более точно определить момент пролёта радиопеленгатора можно визуально.

Чаще всего, радиопеленгатор проходят в стороне. Сторону радиопеленгатора определяют по обратному пеленгу.



### 3.3. Определение места самолёта с помощью радиопеленгатора.

Осуществляется запросом места самолёта пеленгаторной базой. Пеленгаторная база — это система из трёх УКВ радиопеленгаторов, которые связаны между собой линией связи. Один из радиопеленгаторов является командным, с которым экипаж и держит связь. При запросе места самолёта, пеленгуют самолёт сразу три пеленгатора. Свои пе-

ленги они передают на командный пункт, где они прокладываются на планшете и экипажу сообщается его место. Этот способ применяется при отказе радиоконпаса и потере ориентировки.

Мы рассмотрели использование УКВ радиопеленгаторов в целях самолётовождения при полётах по авиационной охране лесов, когда маршрут прокладывается по охраняемой площади. Разумеется, радиопеленгаторы в целях самолётовождения используются более широко, особенно ближнего и дальнего действия.

Оглавление

Введение	3
1. Автоматический радиокompас АРК - 9	6
2. Самолётное вождение с помощью радиокompаса	13
2.1. Полёт от радиостанции	13
2.2. Полёт на радиостанцию	20
3. Самолётное вождение с помощью радиопеленгатора	36
3.1. Полёт от радиопеленгатора	38
3.2. Полёт на радиопеленгатор	41
3.3. Определение места самолёта с помощью радиопеленгатора	45

Владимир Данилович Башеновский

С а м о л ё т о в о ж д е н и е  
лётчика-наблюдателя авиационной охраны  
лесов  
(учебное пособие)  
Часть 2.

Утверждено к печати 19.05.97г. . Формат 60 x 90 1/16.

Бумага офсетная.

Уч. - изд. л. 1,9. Тираж 600 экз. Цена договорная.

Заказ 18.

---

КУ ВПКХ, Пушкино, Московской обл., 1997 г.