

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ САМОЛЕТОВОЖДЕНИЯ

Основные радионавигационные элементы

Курсовым углом радиостанции КУР называется угол, заключенный между продольной осью самолета и действительным направлением на радиостанцию. КУР отсчитывается от продольной оси самолета по ходу часовой стрелки до направления на радиостанцию от 0 до 360° (рис. 80).

Отсчетом радиокompаса ОРК называется угол, заключенный между продольной осью самолета и измеренным направлением на радиостанцию. ОРК отсчитывается от продольной оси самолета до измеренного направления на радиостанцию от 0 до 360°.

Радиодевияция $\Delta\rho$ - это угол, заключенный между измеренным и действительным направлениями на радиостанцию. Радиодевияция отсчитывается от измеренного к действительному направлению на радиостанцию вправо со знаком плюс (+), а влево со знаком минус (-). В современных радиокompасах обеспечивается компенсация радиодевияции, и поэтому исправлений измеренной величины отсчета радиокompаса производить не требуется.

Пеленгом радиостанции ПР называется угол между меридианом начала отсчета курса и направлением от самолета на радиостанцию. ПР отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления на радиостанцию от 0 до 360°.

В зависимости от начала отсчета курса самолета пеленги радиостанции могут быть истинными ИПР и магнитными МПР.

Пеленги радиостанции рассчитываются по формулам:

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

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

$$\text{ИПР} = \text{КК} + \Delta\kappa + \Delta\mu + \text{КУР}.$$

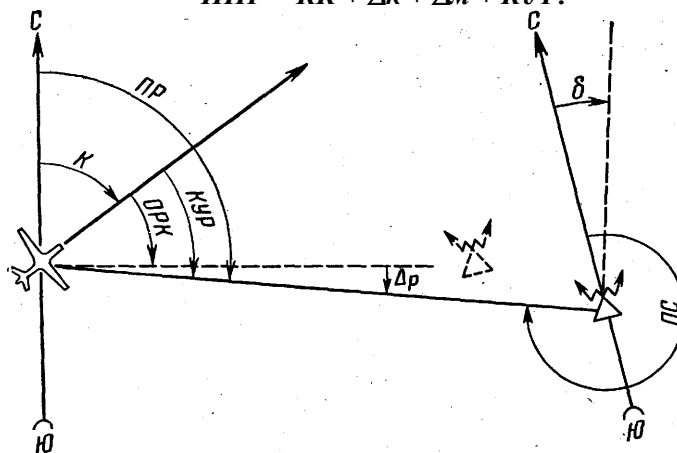


Рис. 1. Основные радионавигационные элементы

Пеленгом самолета ПС называется угол между меридианом радиостанции и направлением от радиостанции на самолет. ПС отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления на самолет от 0 до 360°. В зависимости от начала отсчета курса самолета пеленги самолета могут быть истинными ИПС и магнитными МПС.

Пеленги самолета рассчитываются по формулам:

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

$$\text{ИПС} = \text{ИК} - \text{КУР} \pm 180^\circ;$$

$$\text{ИПС} = \text{КК} + \Delta\kappa + \Delta\mu + \text{КУР} \pm 180^\circ.$$

Указанные формулы для расчета ИПС простой обратной засечкой могут быть использованы лишь в том случае, если разность между долготой радиостанции и долготой

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

самолета составляет не более $1,5^\circ$. При большей разности долгот ошибка существенно сказывается на точности определения линий положения. Поэтому при расчете ИПС необходимо учитывать поправку на угол схождения меридианов δ :

$$\text{ИПС} = \text{ИК} + \text{КУР} \pm 180'' + (\pm \delta).$$

Для карт видоизмененной поликонической проекции поправка на угол схождения меридианов будет равна:

$$\delta = (\lambda_p - \lambda_c) \sin \varphi_{\text{ср. л. к.}}$$

где λ_p -долгота радиостанции;

λ_c -долгота самолета;

$\varphi_{\text{ср. л. к.}}$ -средняя широта листа карты.

Угломерные радионавигационные системы

К угломерным радионавигационным системам относятся такие системы, которые обеспечивают определение направлений от самолета на радионавигационную точку РНТ или от РНТ на самолет. В зависимости от устройств, используемых для пеленгации, они подразделяются на радиопеленгаторные, радиомаячные и радиокompасные системы.

Радиопеленгаторные и радиомаячные системы обеспечивают определение пеленга П на самолет, отсчитанного от меридиана РНТ. Измерение пеленгов при использовании пеленгаторов производится на Земле, а при использовании радиомаяков - на борту самолета. При работе с радиопеленгаторами экипаж (летчик) должен обеспечить непрерывную работу передатчика в течение определенного времени.

Автоматические ультракоротковолновые радиопеленгаторы АРП работают в телефонном режиме. Запрос их производится кодовой фразой «Прибой», по которой АРП выдает пеленг самолета, измеренный от магнитного меридиана места установки пеленгатора и измененный на 180° , т. е. «Прибой»= $\text{МПС} \pm 180^\circ$ (МПС-- магнитный пеленг самолета).

«Прибой» практически равен магнитному курсу для полета на радиопеленгатор, что объясняется небольшой дальностью действия данной радиопеленгаторной системы, а следовательно, и малостью угла схождения магнитных меридианов пеленгатора и самолета.

Радиомаячные системы состоят из наземных радиомаяков и бортовых приемных устройств. Принимая эти сигналы на самолете, можно определить направление от маяка на самолет.

Радиомаяки бывают пеленговые и позиционные. Пеленговые маяки позволяют определять направление (пеленг), а позиционные - отклонение от заданного направления. Позиционными маяками являются курсовой и глиссадный радиомаяки посадочной системы. Пеленговым маяком является радиомаяк типа ВРМ-5, дальность действия которого составляет в среднем 900- 1500 км. Минимальное расстояние от радиомаяка, на котором экипаж самолета может определять линию положения и место самолета, составляет 40-50 км. На меньших удалениях радиомаяк можно использовать как обычную приводную радиостанцию.

Автоматические радиокompасы АРК являются приемными устройствами направленного действия, которые позволяют определять направление от продольной оси самолета на приводную или радиовещательную станцию с точностью $2-3^\circ$.

Выдача результатов пеленгации с помощью АРК может производиться на следующие указатели:

курсowych углов летчика СУП с неподвижной шкалой, обеспечивающей отсчет только курсового угла радиостанции;

курсowych углов штурмана СУШ со шкалой, которая может быть установлена любым делением против индекса нулевого значения курсового угла радиостанции.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

На таком указателе может быть отсчитан курсовой угол радиостанции КУР или пеленг радиостанции ПР, гиромагнитного курса и радиопеленгов УГР, выдающие одновременно значение курса, курсового угла и пеленга.

В комплексе с геотехническими средствами угломерные радионавигационные системы позволяют решать следующие задачи самолетовождения:

выполнять полет от радионавигационной точки РНТ или на нее в заданном направлении;

осуществлять контроль пути по направлению и дальности; определять момент пролета РНТ и ее траверза;

находить место самолета и навигационные элементы полета; выполнять пробивание облачности и заход на посадку в сложных метеоусловиях.

Автоматический радиокompас АРК-15м

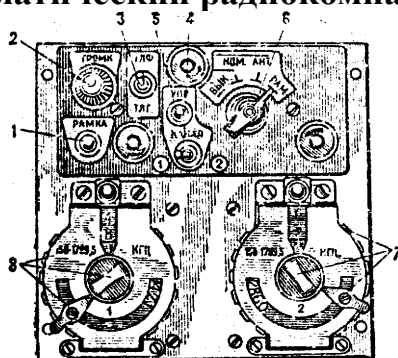


Рис. 2 Передняя панель пульта управления (основной вариант).

1 - рамка; 2 - громкость; 3 - ТЛФ-ТЛГ; 4 - переключатель каналов; 5 - кнопка управления; 5 - рамка; 7 и 8 - пульты плавной настройки.

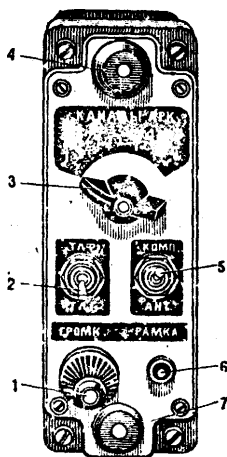


Рис. 3. Передняя панель пульта управления (упрощенный вариант)

1 - громкость; 2 - ТЛФ-ТЛГ; 3 - переключатель каналов; 4 и 7 лампы подсвета, 5 - Ант-Комп; 6 - рамка.

Автоматический радиокompас АРК-15М предназначен для самолетовождения по приводным и широковегательным радиостанциям и радиомаякам.

Радиокompас обеспечивает получение непрерывного отсчета курсового угла и позволяет решать следующие навигационные задачи:

- совершать полет на радиостанцию и от нее с визуальной индикацией курсового угла;

- автоматически определять пеленг радиостанции по стрелкам приборов УГР-4УК;

- обеспечивать непрерывный отсчет курсового угла радиостанции;

- выполнять заход на посадку по системе ССП;

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

- вести прием и прослушивание сигналов средневолновых станций в диапазоне 150 - I 799,5 КГц.

Отличительными особенностями радиокompаса АРК-15М являются:

- неповоротная рамочная антенна, сопряженная с гониометром через высокочастотные кабели;
- фиксированная настройка частот через 500 Гц;
- .- сетка частот выполнена на одном опорном кварце с применением счетно-логических схем;
- для перестройки тракта высокой частоты применены варикапы;
- в приборе использована модульная конструкция, построенная полностью на транзисторах.

Радиокompас АРК-15М может использоваться в двух режимах:

- режим "компас" (основной режим работы)
- режим автоматического пеленгования радиостанций.

Работа радиокompаса в режиме "**компас**" основана на автоматическом сравнении сигналов, принимаемых как направленной, так и ненаправленной антеннами.

В этом режиме радиокompас при настройке его на частоту пеленгуемой радиостанции автоматически устанавливает стрелки приборов указателей курса в положение, соответствующее курсовому углу на пеленгуемую радиостанцию. При этом сигналы радиостанции могут прослушиваться с помощью телефонов на выходе радиокompаса.

Режим "**антенна**" - режим работы, когда радиокompас используется в качестве средневолнового приемника.

Выбор режима работы радиокompаса производится установкой переключателя рода работ на пульте управления в одно из двух положений: "компас" или "антенна".

Пеленгование (определение направления на радиостанцию) основано на использовании направленной характеристики рамочной антенны, диаграмма направленности которой имеет вид восьмерки (две соприкасающиеся окружности). Интенсивность приема такой антенны меняется в зависимости от того, с какого направления приходят радиоволны.

Особенностью схемы радиокompаса АРК-15М является использование неповоротной рамочной антенны. В качестве направленной антенны используется система, состоящая из двух взаимно перпендикулярных обмоток рамочной антенны, конструктивно оформленных в виде одного блока, и гониометра. Гониометр представляет собой устройство, имеющее две взаимно перпендикулярные неподвижные полевые катушки и одну подвижную искательную катушку, размещенную в пространстве между полевыми катушками.

Таким образом система из двух взаимно перпендикулярных рамок, соединенных с гониометром с точки зрения характеристик направленности, заменяет одну поворотную рамку, но при этом механизм вращения рамки исключается, заменяясь вращением касательной катушки внутри гониометра, связанной при помощи синусно-косинусного трансформатора и блока механического переходного БМП со стрелками приборов УГР-4УК.

Все это относится к основному режиму работы радиокompаса режиму автоматического пеленгования "компас". В остальных режимах работы некоторые элементы либо вообще отключаются, либо работают несколько иначе.

В режиме "антенна" радиокompас работает как обычный связной средневолновый приемник, отключается весь рамочный вход, а также ряд других элементов схемы. Этот режим используется для прослушивания радиостанций и использования радиокompаса в качестве резервного приемника с достаточно высокой чувствительностью.

В комплект радиокompаса АРК-15М входят:

- приемник;

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

- два упрощенных пульта управления;
- переключатель пультов;
- два пульта предварительной настройки;
- два переключателя Б - Д;
- контрольный разъем;
- рамочная антенна;
- антенное согласующее устройство;
- эквивалент рамочного кабеля и соединительные кабели.

Радиокомпас работает через блок механический переходной БЖ на два указателя УГР-4УК.

В первой кабине установлены:

- пульт управления;
- указатель УГР-4УК;
- кнопка управления АРК;
- переключатель Б-Д.

Во второй кабине установлены:

- пульт управления;
- указатель УГР-4УК;
- кнопка управления АРК;
- переключатель Б-Д;
- контрольный разъем.

На пульте управления радиокомпасов расположены следующие органы управления:

- переключатель каналов;
- переключатель режимов работы положения "антенна" и "компас";
- переключатель ТЛФ-ТЛГ;
- регулятор громкости телефонов;
- кнопка РАМКА.

Кнопка РАМКА. используется для включения автономного вращения искательной катушки гониометра.

Пульты предварительной настройки служат для предварительной установки частоты рабочих каналов.

При включенном бортовом питании радиокомпас включается автоматом защиты АРК, расположенный на левом пульте 1-й кабины.

Радиокомпас можно считать включенным, если при этом загорелись лампы подсвета, у стрелки индикатора появился небольшой ход или отклонение под влиянием шумов и при установке переключателя ТЛФ-ТЛГ а положение "ТЛФ" в телефонах появляется характерный шум-Полная работоспособность радиокомпаса при работе в широкой полосе на мощные радиостанции устанавливается в течение 1-2 мин после включения.

Выход приемника радиокомпаса на СПУ-9 осуществляется с помощью тумблера РК-ВЫК, расположенного на каждом абонентском щитке.

Основные данные:

Потребление:	
по постоянному току <i>27 В</i>	не более 2А
по переменному току <i>36 В 400 Гц</i>	не более 1А
Диапазон частот, <i>КГц,</i>	150-1799,5
Точность установки частоты, <i>Гц</i>	±100
Предельная чувствительность в режиме "Тлф" на участках диапазона, мкВ	
<i>150-200 КГц</i>	8
<i>200-1799,5</i>	5
Дальность действия по приводу на высоте 1000 м, км	не менее 150
Дальность действия по приводу на высоте 10000 м, км	не менее 340

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

Сигналы, поступающие от радиокompаса, в системе СПУ регулировки не имеют. Регуляторы громкости расположены на абонентских щитках.

Питание СПУ осуществляется от сети постоянного тока напряжением 27 В и включается автоматом защиты СПУ. Поскольку сигнал с приемника АРК поступает в систему СПУ, то перед проверкой АРК, необходимо убедиться в исправности СПУ.

Проверка СПУ перед полетом.

Для включения и проверки необходимо:

включить автомат защиты СПУ;

регулятор громкости СПУ на абонентских щитках в обеих кабинах повернуть вправо до отказа;

поочередно нажимая кнопки СПУ в первой и второй кабинах, проверить внутрисамолетную связь, после чего регуляторами громкости СПУ установить желаемую громкость.

Включение и проверка автоматического радиокompаса АРК-15М

Для включения и проверки необходимо:

включить автомат защиты сети ПТ-200;

включить автомат защиты сети АРК;

включить автомат защиты сети СПУ;

установить выключатель «РК - Выкл.» на абонентском щитке СПУ в положение «РК»;

установить переключатель «ТЛФ-ТЛГ» в положение «ТЛФ», при этом в телефонах должен появиться характерный шум, а у стрелки индикатора - небольшие колебания. Полная работоспособность радиокompаса появляется через 1-2 мин после его включения;

установить переключатель «Приводная ближняя - Дальняя» в положение «Дальняя», а переключатель «Каналы АРК» - на необходимый канал;

установить переключатель режимов в положение «Ант.», а регулятор громкости - вправо до отказа. В телефонах должны прослушиваться позывные ДПРС. При вращении регулятора громкости уровень сигнала должен измениться;

установить переключатель «ТЛФ-ТЛГ» в положение «ТЛГ»;

установить переключатель режимов в положение «Комп.». Стрелка указателя должна установиться в направлении на ДПРС с точностью $\pm 5^\circ$;

установить переключатель «Приводная ближняя - Дальняя» в положение «Ближняя». Стрелка указателя должна установиться в направлении на БПРС с точностью $\pm 5^\circ$;

установить переключатель «Приводная ближняя - Дальняя» в положение «Дальняя», а переключатель «Каналы АРК» на необходимый канал;

нажать кнопку «Рамка» и отвести стрелку указателя на 160° . При отпускании кнопки стрелка указателя должна возвращаться в прежнее положение со скоростью не менее 30 град/с;

установить выключатель «РК -- Выкл.» на абонентском щитке СПУ в положение «Выкл.».

Эксплуатация радиокompаса в полете.

1. Вырулив на взлетную полосу, проверить правильность показаний АРК и ГМК (стрелка радиокompаса на УГР-4УК должна показывать $KУР=180^\circ$, шкала курсов - курс взлета).

2. Полет на ДПРС осуществлять пассивным способом, выдерживая $KУР=0^\circ$ по УГР-4УК.

3. Момент пролета ДПРС определять по передней стрелки радиокompаса с. $KУР=0^\circ$
На $KУР=180$

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

4. Для переключения АРК на БПРС необходимо переключатель «Приводная ближняя - Дальняя» поставить в положение «Ближняя». При этом стрелка радиокompаса установится в направлении БПРС.

5. Для перестройки радиокompаса в полете на частоту запасного аэродрома необходимо:

проверить установку переключателя «Приводная ближняя - Дальняя» в положение «Дальняя»;

регулятор громкости повернуть вправо до отказа;

установить переключатель режимов в положение «Ант.»;

установить переключатель «Каналы АРК» на необходимый канал;

прослушать позывные ДПРС запасного аэродрома;

установить переключатель режимов в положение «Комп.».

Стрелка указателя установится в направлении ДПРС запасного аэродрома.

Путем нескольких повторных переключении (нажатий кнопок) убедиться в правильности установки фиксированных частот.

Точная настройка выполняется в воздухе поворотом ручки «Настр. плавн.», добиваясь максимального отклонения вправо стрелки индикатора настройки.

Самолетовождение с использованием радиокompаса и наземных радиопеленгаторов

Полет на радионавигационную точку

Полет пассивным способом - это такой полет на радиостанцию при котором летчик удерживает стрелку указателя курсовых углов АРК на нуле, непрерывно совмещая продольную ось самолета с направлением на радиостанцию. При этом необходимо осуществлять контроль общего направления полета по магнитному компасу и периодически проверять на слух работу радиостанции.

За счет влияния ветра траектория полета представляет собой кривую, называемую радиодромией (Рис. 4). Максимально возможное боковое отклонение радиодромии от

линии заданного пути зависит от соотношения скоростей самолета и ветра $n = \frac{V}{W}$, и расстояния S_0 , с которого начинается полет пассивным способом:

$$ЛБУ_{\text{макс}} = \frac{0,37W}{V} S_0$$

Увеличение времени полета незначительно и его можно не учитывать. Боковое отклонение необходимо учитывать в том случае, если полет на радиостанцию выполняется с малой воздушной скоростью или с большого расстояния и если по условиям наземной и воздушной обстановки самолет должен точно пройти по заданному маршруту.

Полет по радиодромии происходит с переменным курсом, причем угловая скорость разворота увеличивается при подлете к радиостанции.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

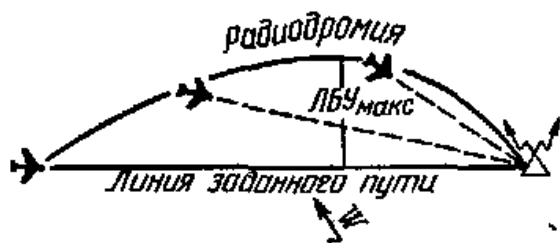


Рис. 4. Полет на радиостанцию пассивным способом

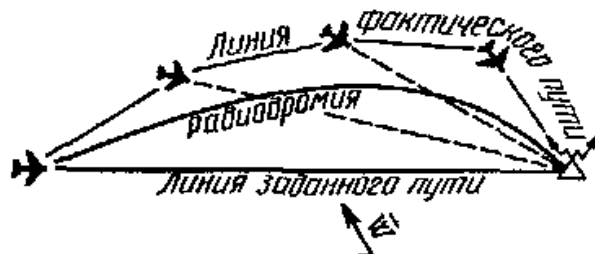


Рис. 5. Полет на радиостанцию курсовым способом

Полет курсовым способом - это такой полет на радиостанцию, при котором направление полета, выдерживаемое по компасу (по курсовому прибору), периодически исправляют по указателю АРК разворотом самолета на курсовой угол, равный нулю. Путь самолета при полете курсовым способом при наличии бокового ветра представляет собой ломаную линию (Рис. 5). При курсовом способе, как и при пассивном, увеличивается время полета и возникает боковое уклонение самолета от линии заданного пути. Курсовой способ полета для этапа маршрута до 200 км является наиболее простым и надежным, обеспечивающим выход на радиостанцию в разнообразных условиях полета во всех родах авиации.

Полет активным способом - это такой полет на радиостанцию, при котором ось самолета развернута на угол сноса по отношению к линии пути, а стрелка АРК указывает $KУР = 360^\circ \pm УС$ (Рис. 6). При левом сносе стрелка АРК удерживается слева от нуля шкалы КУР, при правом сносе справа от нуля на величину угла сноса.

Угол сноса при активном полете может измеряться с помощью технических средств, вычисляться по известному ветру или подбираться в процессе выполнения полета.

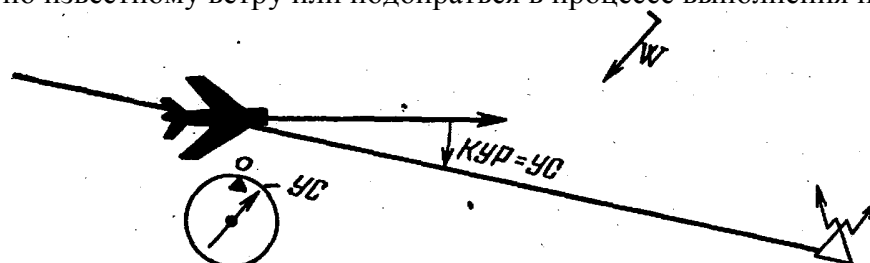


Рис. 6. Полет на радиостанцию активным способом

Полет на радиопеленгатор, как правило, применяют при выводе самолета на аэродром посадки, если отказали радиокompас или приводная радиостанция аэродрома посадки. Полет самолета на радиопеленгатор типа АРП выполняют по магнитному компасу путем периодического исправления курса по пеленгам, полученным летчиком от радиопеленгатора.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

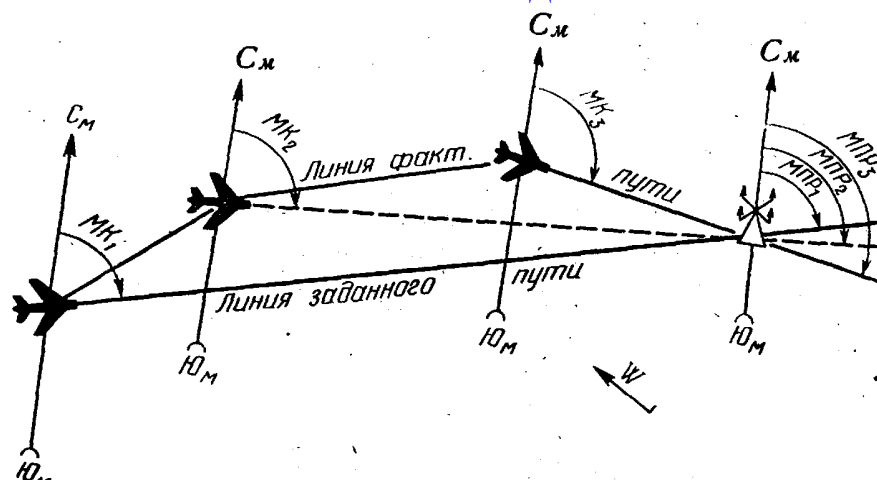


Рис. 7. Полет на радиопеленгатор курсовым способом

При курсовом способе полета на радиопеленгатор курс самолета уточняют периодически через 5 мин и при подходе к пеленгатору через 1-2 мин. Из-за влияния ветра самолет будет отклоняться от линии заданного пути, а пеленг непрерывно изменяться. После ряда исправлений курса следования путь самолета представляет собой ломаную линию (Рис. 7).

Полет от радиостанции

Полет самолета от радиостанции - это полет по линии заданного пути ЛЗП с учетом угла сноса УС. Следовательно, этот способ предусматривает подбор или расчет курса следования КС.

При полете от радиостанции путь следования самолета контролируют по направлению способом сравнения пеленга самолета ПС, который равен фактическому путевому углу ФПУ, с заданным путевым углом ЗПУ. Так как способ применяется, как правило, при небольших удалениях от радиостанции, то поправка на схождение меридианов не учитывается.

Для определения фактического путевого угла необходимо провести самолет точно над радиостанцией с курсом, рассчитанным для полета по линии заданного пути. После пролета радиостанции тщательно выдерживать курс и определить его среднее значение. Через 4-5 мин после пролета радиостанции при помощи радиоконпаса определить пеленг самолета.

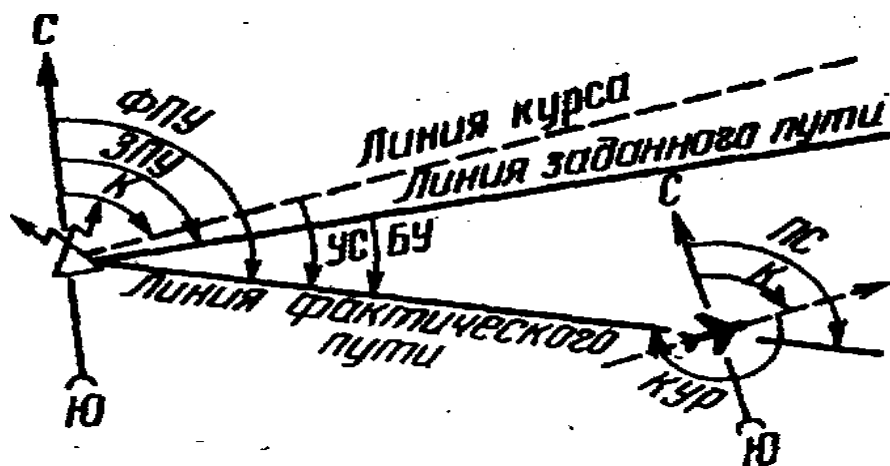


Рис. 8. Определение УС и ФПУ при помощи радиоконпаса.

Зная заданный путевой угол и средний курс самолета (Рис. 8), можно рассчитать боковое отклонение самолета от линии заданного пути БУ и угол сноса УС по формулам:

$$\begin{aligned} \text{БУ} &= \text{ПС} - \text{ЗПУ}; \\ \text{УС} &= \text{ПС} - \text{К}_{\text{ср}}. \end{aligned}$$

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

Если выдерживается курс, равный заданному *путевому углу*, боковое уклонение самолета равно углу сноса и определяется по формуле:

$$БУ = УС = КУР \cdot 180^\circ.$$

Измеренные навигационные элементы используются в дальнейшем для исправления пути с целью выхода на следующий контрольный ориентир КО или на цель. ФПУ и УС с помощью АРК в полете от радиостанции можно определить с ошибкой, не превышающей 3° . Для достижения большей точности определения ФПУ и УС необходимо точно пройти над радиостанцией и выдерживать курс при пеленговании.

Выход самолета на линию предвычисленного радиопеленга

Для определения момента выхода самолета на заданный ориентир (в точку разворота) с помощью АРК необходимо заранее определить по карте магнитный пеленг от контрольного ориентира на радиостанцию МПР, находящуюся сбоку от линии заданного пути (Рис. 9). При использовании совмещенных указателей стрелка курсозадатчика устанавливается на значение МПР. В этом случае момент выхода на линию предвычисленного радиопеленга будет определяться по совмещению стрелки АРК со стрелкой курсозадатчика.

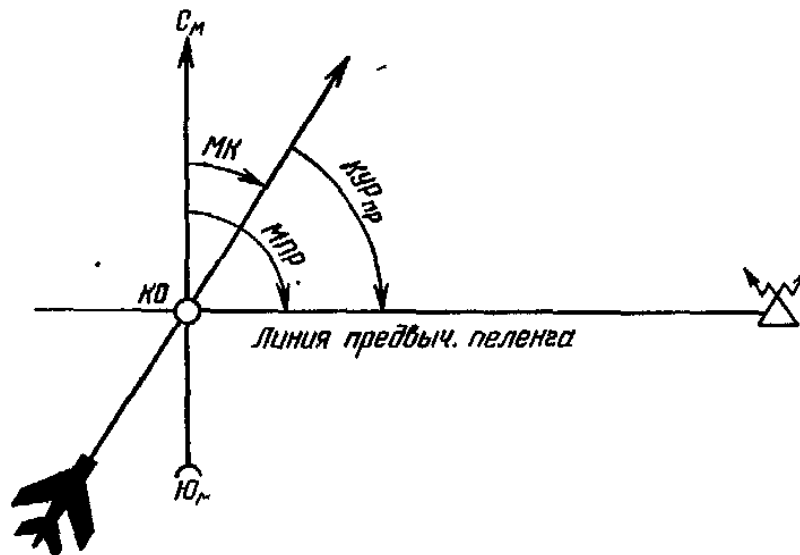


Рис. 9. Выход на линию предвычисленного радиопеленга

При использовании указателей типа СУП и СУШ момент выхода на линию предвычисленного радиопеленга определяется по предвычисленному курсовому углу:

$$КУРпр = МПР - МК.$$

При определении момента выхода на линию предвычисленного радиопеленга по курсовому углу радиостанции необходимо точно выдерживать курс самолета, принятый для определения предвычисленного курсового угла.

Для выхода на линию «входных (выходных) ворот» необходимо проложить на карте линию пеленга от радиостанции через входные ворота (Рис. 10) и в точке пересечения линии пеленга и линии пути измерить величину предвычисленного пеленга.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

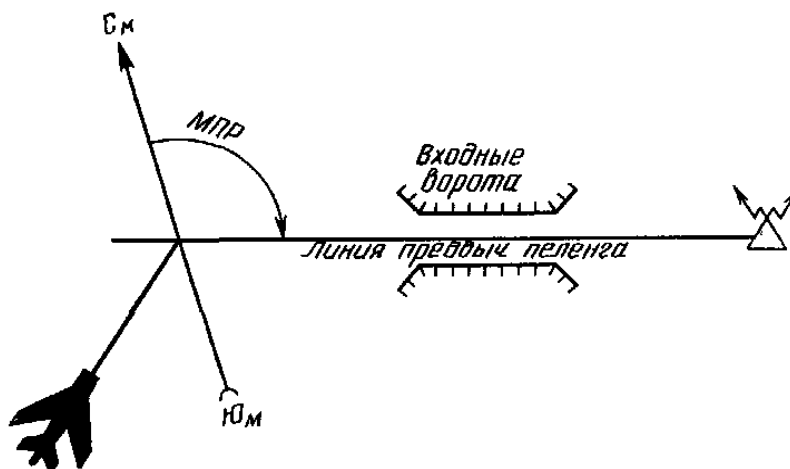


Рис. 10. Выход на линию входных ворот

Для обхода запретных зон или препятствий необходимо проложить на карте пеленг от радиостанции к месту разворота самолета, находящемуся на безопасном удалении от зоны (Рис. 11). В точке пересечения линии пеленга и линии пути измерить величину предвычисленного пеленга.

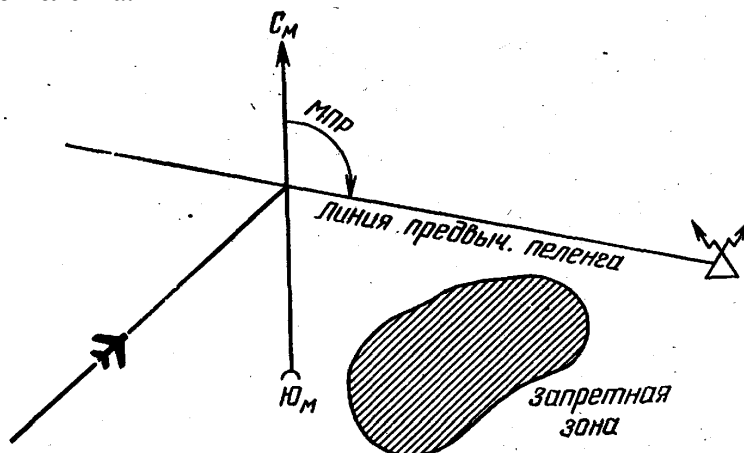


Рис. 11. Обход запретной зоны

Определение места самолета пеленгованием двух радиостанций

Для определения места самолета МС необходимо выбирать такие две радиостанции, пеленги самолета которых пересекались бы в районе вероятного местонахождения под углом, близким к 90° (Рис. 12).

Порядок определения МС пеленгованием двух радиостанций следующий:

настроить АРК на радиостанцию, курсовой угол которой близок к 0 или 180° , прослушать ее работу и позывной, снять КУР записать время и курс полета;

настроить АРК на радиостанцию, которая находится на траверзе, снять КУР, записать время и курс полета;

рассчитать значения ИПС ($\text{ИПС} = \text{ИК} + \text{КУР} \pm \pm 180^\circ \pm \delta$);

полученные ИПС проложить на карте от запеленгованных радиостанций.

Однако проложить линии положения в полете на одноместном самолете не представляется возможным. Поэтому их необходимо нанести на карту при подготовке к полету через заданный интервал (обычно через 10°), а в полете определять нужную линию положения глазомерной интерполяцией между ближайшими линиями. При наличии на борту самолета такой карты работа по определению МС сводится к отысканию точки пересечения двух линий, соответствующих измеренным ИПС.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

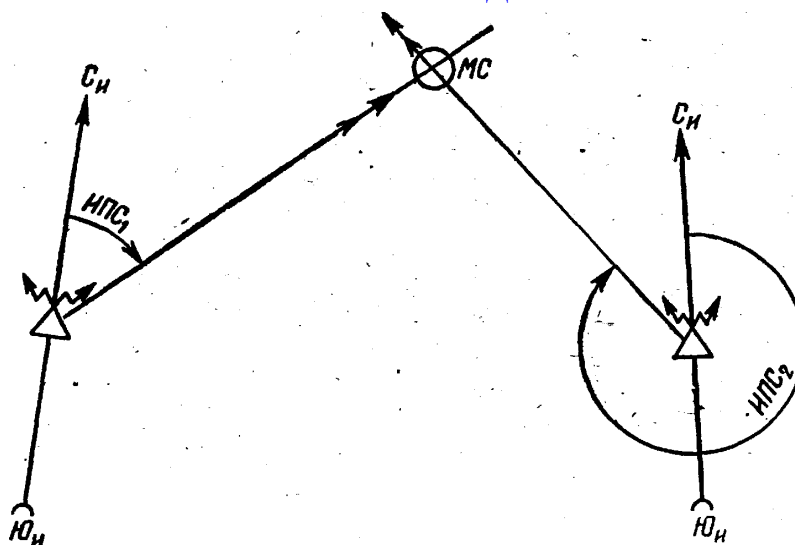


Рис. 12. Определение МС пеленгованием двух радиостанций

Практически определить пеленги по двум радиостанциям одновременно невозможно. За время пеленгования самолет переместится вдоль линии пути на величину V_{nt} . Поэтому необходимо привести ИПС к одному моменту времени. Существуют два способа приведения пеленгов к одному моменту времени.

Первый способ. Проложенный на карте первый ИПС переносят параллельно самому себе в направлении фактического путевого угла на расстояние $S = V_{nt}$ пройденное самолетом за время пеленгования первой и второй радиостанций. Точка пересечения перенесенной линии пеленга первой радиостанции с линией пеленга второй радиостанции (ИПС₂) даст МС в момент пеленгования второй радиостанции.

Второй способ. Первую радиостанцию пеленгуют дважды с таким расчетом, чтобы промежутки времени между пеленгованием были одинаковыми. Затем рассчитывают среднее арифметическое значение двух пеленгов первой радиостанции и получают средний пеленг, который будет относиться к моменту времени пеленгования второй радиостанции.

Выполнение радиодeviационных работ

Радиодeviационные работы производят:

- не реже одного раза в год в процессе эксплуатации АРК;
- при замене или дополнительной установке радиооборудования на самолёте (вертолете), влияющего на радиодeviацию;
- после установки или снятия с самолета металлических выступающих частей;
- в случае обнаружения ошибок или возникновения сомнений в правильности показаний радиокompаса;
- при установке нового комплекта АРК на самолет;
- при определении остаточной радиодeviации;
- после замены указателей курсовых углов или рамочной антенны.

Радиодeviационные работы выполняются специалистами ИАС совместно с экипажем самолета под руководством штурмана авиационной организации.

Подготовка к проведению радиодeviационных работ

Подготовка к проведению радиодeviационных работ включает:

- подготовку девиационного пеленгатора, бланков протоколов выполнения радиодeviационных работ и бланков графиков;
- выбор площадки, удаленной не менее чем на 150-200 м от стоянок самолетов, строений и линий высоковольтных передач. Площадка должна быть горизонтальной, в направлении радиостанций не должно быть зданий и возвышенностей;

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

выбор радиостанции, по которой будет проводиться определение радиодевииации. Для большей точности определения радиодевииации радиостанцию необходимо выбирать на удалении 100-150 км от аэродрома. При использовании мощной РВС это расстояние может быть

Установочная ошибка рамки радиокompаса устраняется на курсовом угле радиостанции, равном 0° , поворотом корпуса рамки или указателя.

Для определения установочной ошибки рамки радиокompаса следует:

вырулить или отбуксировать самолет на площадку для выполнения радиодевииационных работ и установить по магнитному компасу на курс, равный МПР;

по девиационному пеленгатору установить самолет так, чтобы курсовой угол радиостанции был равен 0° ;

включить и настроить радиокompас на радиостанцию, по которой будет определяться радиодевииация;

переключатель рода работ АРК поставить в положение «Комп.» и по отклонению стрелки указателя курсовых углов определить величину установочной ошибки рамки.

Для устранения установочной ошибки рамки радиокompаса необходимо:

не выключая радиокompаса, ослабить зажимные винты, крепящие основание рамки" к фюзеляжу самолета, и поворотом основания добиться, чтобы стрелка указателя КУР установилась на нуль, после этого винты крепления рамки затянуть;

если после закрепления основания рамки .окажется, что стрелка указателя КУР отошла от нуля шкалы, установить ее на нуль поворотом сельсин-приемника. Для этого следует отсоединить указатель от приборной доски, ослабить винты, которыми корпус сельсина крепится к указателю, и поворотом корпуса установить стрелку на нуль, после чего винты крепления затянуть и указатель поставить на свое место. Этот метод установки стрелки на нуль применяется также, если необходимо согласовать показания двух указателей радиокompаса,

Определение радиодевииации

Радиодевииация определяется на 24 ОРК через 15° . На каждом ОРК с помощью девиационного пеленгатора измеряется КУР и вычисляется радиодевииация по формуле:
 $\Delta\rho = \text{КУР} - \text{ОРК}$.

Определение радиодевииации по невидимой радиостанции производится в такой последовательности:

установить самолет на МК=МПР, устранить установочную ошибку рамки радиокompаса и записать данные в протоколе выполнения радиодевииационных работ;

укрепить девиационный пеленгатор на самолете, отрегулировать его по уровню, визирную рамку предметным диоптром установить на 0° шкалы лимба и, вращая " лимб вместе с визирной рамкой, совместить линию визирования с удаленным ориентиром, после чего закрепить лимб винтом в этом положении а индекс «МК» подвести против нуля шкалы лимба и закрепить его винтом;

развернуть самолет по радиокompасу на ОРК = 15° , затем вращением визирной рамки совместить линию визирования с ориентиром и отсчитать КУР по лимбу против предметного диоптра. Определить радиодевииацию и записать в протокол. Когда невозможно закрепить девиационный пеленгатор на самолете или не видны удаленные ориентиры, то после установки самолета на заданный ОРК определяют МК самолета пеленгованием продольной оси, а затем рассчитывают КУР по формуле **$\text{КУР} = \text{МПР} - \text{МК}$** ;

последовательно устанавливая самолет на остальные 22 ОРК через 15° ; на каждом ОРК определять КУР и радиодевииацию и записывать данные в протокол выполнения радиодевииационных работ.

Определение радиодевииации по **видимой радиостанции** производится в такой последовательности:

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

установить самолет на МК=МПР, устранить установочную ошибку рамки радиокompаса и записать данные в протокол выполнения радиодевииационных работ;

укрепить девиационный пеленгатор на самолете, отрегулировать его по уровню, визирную рамку предметным диоптром установить на 0° шкалы лимба и, вращая лимб вместе с визирной рамкой, совместить линию визирования с мачтой видимой радиостанции, после чего лимб закрепить винтом в этом положении, а индекс «МК» подвести против нуля шкалы лимба и закрепить его винтом;

развернуть самолет по радиокompасу на ОРК= 15^0 , затем вращением визирной рамки совместить линию визирования с мачтой радиостанции и отсчитать КУР по лимбу против предметного диоптра. Определить радиодевииацию и записать в протокол:

в таком же порядке устанавливать самолет на последующие 22 ОРК через 15° ; на каждом ОРК определять КУР, вычислять радиодевииацию и записывать данные в протокол выполнения радиодевииационных работ.

Компенсирование радиодевииации

Радиодевииация компенсируется в следующем порядке:

выключить радиокompас и отсоединить компенсатор от блока рамки;

снять скобу с указателя радиодевииации;

составить таблицу компенсации радиодевииации, которая имеет вид:

ОРК	Δp	Показания стрелки-указателя после цикла компенсации			
		1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
345	-16	-5	-9	-13	-16
15	+15	+3	+7	+11	+15
330	-19	-5	-10	-15	-19
30	+18	+3	+8	+13	+18
315	-16	-5	-9	-13	-16
45	+15	+3	+8	+12	+15
300	-11	-4	-7	-9	-11
.
.
165	-13	-4	-7	-10	-13
180	0	0	0	0	0

Так как радиодевииация может достигать $15-20^\circ$, то ее вводят за три-четыре приема, последовательно увеличивая прогиб ленты лекала. Во избежание опасных натяжений лекала в компенсатор вводят поочередно положительную и отрицательную радиодевииацию в такой последовательности: 0, 345, 15, 330, 30, 315, 45, 300, 60, 285, 75, 270, 90, 255, 105, 240, 120, 225, 135, 210, 150, 195, 165, 180° ;

приступить к нанесению радиодевииации на компенсатор, для чего поворотом диска компенсатора совместить нуль шкалы радиодевииации с делением ОРК= 0° и, удерживая его в этом положении, с помощью регулировочного винта, расположенного против деления ОРК= 0° , установить указатель радиодевииации на 0° по шкале радиодевииации;

установить диск компенсатора на ОРК= 345° и вращением регулировочного винта против этого деления переместить стрелку-указатель радиодевииации на значение, указанное в первом цикле таблицы компенсации;

таким же образом нанести радиодевииацию первого цикла на остальных ОРК, соблюдая последовательность, указанную в таблице;

в таком же порядке выполнить второй, третий и четвертый циклы компенсации;

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

проверить точность нанесения радиодевииации на компенсатор, для чего последовательно устанавливается диск компенсатора нулем шкалы радиодевииации на каждый из 24 ОРК по шкале, при этом стрелка-указатель должна показывать величину и знак радиодевииации согласно протоколу;

если на каком-либо ОРК радиодевииация нанесена с ошибкой, то необходимо вращением соответствующего винта довести ее до требуемого значения; после этого необходимо снова проверить правильность отклонения указателя на всех ОРК, так как иногда доведение радиодевииации до требуемой величины на одном каком-либо ОРК вызывает появление ошибок в установленной величине радиодевииации на другом ОРК;

подсоединить к компенсатору провода сельсинной передачи, включить радиокompас и, вращая диск компенсатора, наблюдать за вращением стрелок указателей КУР; стрелки указателей должны вращаться плавно, без рывков и заеданий;

если стрелки «указателей перемещаются без рывков, установить компенсатор в блок рамки, после чего приступить к определению остаточной радиодевииации.

Остаточная радиодевииация определяется с целью обнаружения ошибок и неточностей, допущенных в процессе выявления и компенсации радиодевииации. Она определяется на 24 курсовых углах радиостанции, кратных 15° (0° , 15° , 30° и т. д.).

Для определения остаточной радиодевииации самолет по девиационному пеленгатору последовательно устанавливается так, чтобы курсовой угол радиостанции был равен 0° , 15° , 30° и т. д., и для каждого КУР определяется остаточная радиодевииация по формуле: $\Delta p_{ост} = КУР - КУР_{ук}$ ($КУР_{ук}$ - отсчет курсового угла по указателю АРК).

Если остаточная радиодевииация на всех КУР не превышает $\pm 2^\circ$, то по результатам определения остаточной радиодевииации составить график и поместить его в кабинах летчика (пилота) и штурмана. Если остаточная радиодевииация превышает $\pm 2^\circ$, производится ее докомпенсирование;

Порядок выполнения докомпенсирования:

снять компенсатор с блока рамки;

вращением диска компенсатора установить конец стрелки-указателя на тот ОРК, на котором обнаружена радиодевииация более $\pm 2^\circ$;

удерживая диск компенсатора в этом положении, вращением винта, расположенного ближе всего к нулю шкалы радиодевииации, переместить стрелку-указатель вправо или влево на величину остаточной радиодевииации. Направление перемещения стрелки, определяется по знаку остаточной радиодевииации и знаку, нанесенному на диске компенсатора. Для верхнего расположения рамки знаки нанесены черным цветом, а для нижнего - красным. Для контроля правильности декомпенсации радиодевииации рекомендуется перед тем, как вращать винт, выписывать знак и величину нанесенной на компенсатор радиодевииации. Это позволит при случайном сдвиге диска узнать, сколько градусов радиодевииации компенсировано и сколько еще осталось докомпенсировать;

аналогично провести декомпенсацию радиодевииации на остальных ОРК.

проверить плавность вращения диска и правильность докомпенсации радиодевииации, после чего установить компенсатор в блок рамки;

произвести контрольное определение остаточной радиодевииации на 24 ОРК и составить ее график.

Проверка радиодевииации в полете

При выполнении полетов экипаж (летчик) должен проверять остаточную радиодевииацию сравнением фактического пеленга радиостанции с пеленгом, измеренным с помощью АРК.

Для этого необходимо:

в момент пролета какого-либо точно опознанного ориентира определить МПР, отчитанный без учета радиодевииации: $МПР_{отсч} = МК + ОРК$;

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

соединить на карте этот ориентир с точкой расположения радиостанции, измерить фактический ИПР и определить фактический MPP : $MPP_{факт} = ИПР_{факт} - (\pm \Delta m)$;
определить радиодевiation по формуле: $\Delta p = MPP_{факт} - MPP_{отсч}$.

Система спутниковой навигации GPS.

Система GPS представляет собой самый совершенный на сегодняшний день навигационный инструмент. Где бы Вы ни находились - на земле, на море или в воздухе, при помощи глобальной системы определения координат Вы можете легко, точно и быстро определить свое местоположение.

Первоначально приемники GPS применялись исключительно для военных целей. Но постепенно штатские берут свое, и в настоящее время существует два стандарта использования системы GPS - для гражданских и для военных целей.

Первый стандарт называется PPS (Precise Positioning System) и позволяет определять положение объектов с крайне высокой точностью. Этот стандарт используется ВС США, госслужбами США и гражданскими лицами, имеющими специальное разрешение правительства. PPS позволяет определить положение с точностью 17,8 м для горизонтальных и 27,7 м для вертикальных измерений и дает ошибку в измерении времени не более 10^{-7} с. Нам с Вами, понятное дело, такая точность недоступна.

Нам доступен второй стандарт - SPS (Standard Positioning System). Точность измерений по нему специально понижается. Точность по стандарту SPS составляет 100 м по горизонтали и 156 м по вертикали. Допустимая шибка по времени - $1.67 \cdot 10^{-7}$ с.

Система GPS состоит из трех основных сегментов:

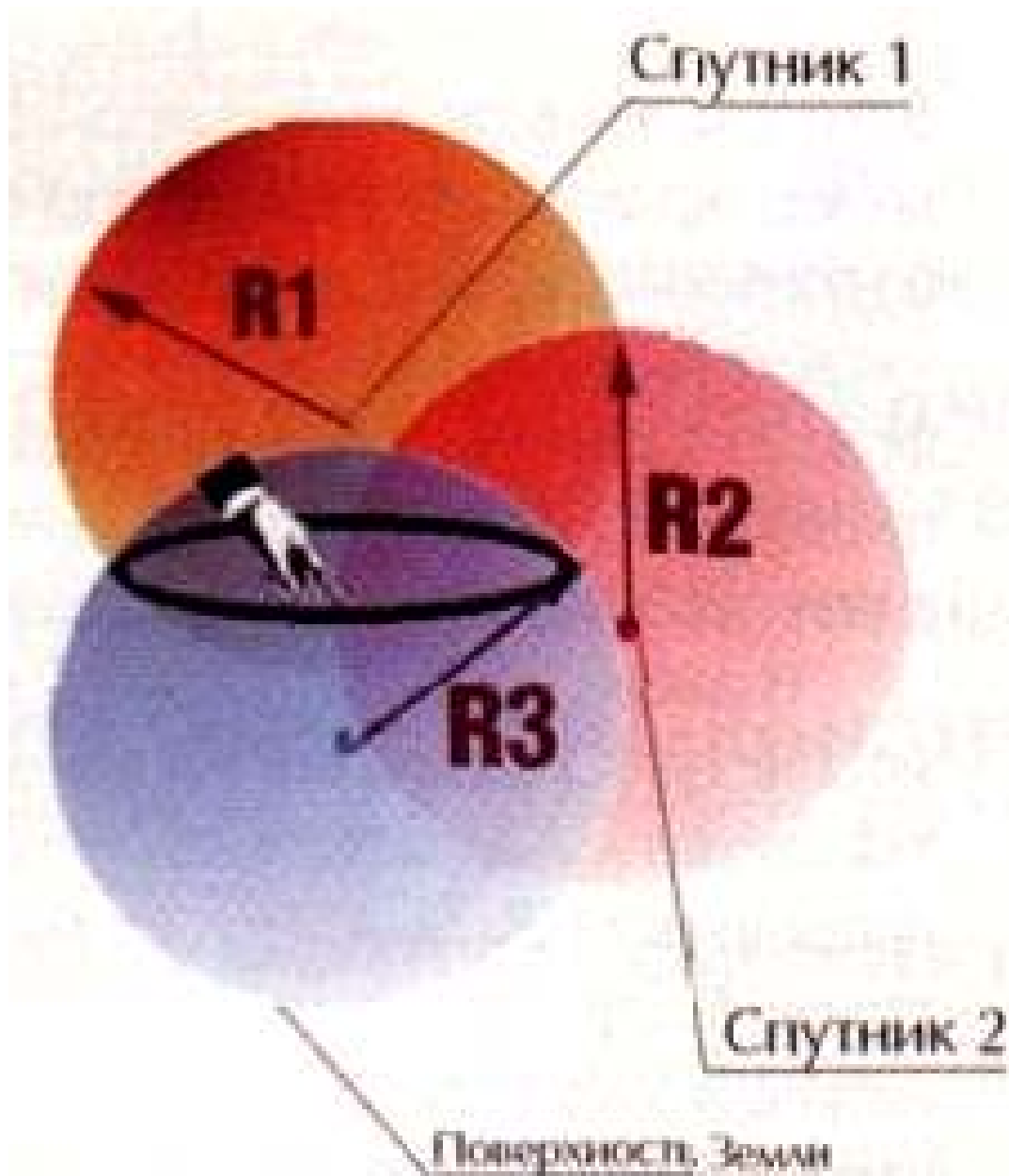
Космический сегмент включает в себя 24 (21 активный и 3 резервных) низкоорбитальных спутника, расположенных на высоте чуть больше 19.000 км, с периодом обращения вокруг земли составляющим 12 часов. Эта система (она называется NAVSTAR) принадлежит Министерству Обороны США, которое предоставляет ее для гражданских пользователей на некоммерческой основе. Всего существует шесть орбитальных плоскостей, расположенных под углом около 55° к полярной. На каждой плоскости находится четыре спутника. Все это позволяет Вам получать данные как минимум от пяти спутников в каждой точке земного шара. Контрольный сегмент состоит из сети наземных станций слежения, разбросанных по всему миру. Когда спутник проходит над одной из станций, он получает информацию о своих координатах, высоте над уровнем моря и скорости. Центральная станция расположена на базе ВВС США ФАЛЬКОН в Колорадо.

Рабочий сегмент системы представлен приемником GPS. Спутник передает свой код, основанный на псевдослучайной последовательности (т.н. PRN-код, представляющий собой шумоподобную, но, на самом деле, заранее определенную индивидуальную последовательность - Pseudo Random Noise), для расчета времени, а также свои координаты. Система действует в трех измерениях и пригодна, таким образом, для определения положения движущихся объектов на земле, на море и в воздухе. В обычном случае небольшой приемник GPS определяет расстояние до спутника путем измерения времени прохождения сигнала от спутника. Если расстояние, отделяющее приемник GPS от Спутника 1 составляет 37.000 км, приемник расположен на поверхности сферы, радиус которой равен 37.000 км, а координаты центра совпадают с координатами спутника. Расстояние в 15.000 км до Спутника 2 определяет вторую сферу соответствующего радиуса с центром на Спутнике 2. Пересечение двух сфер дает Окружность 3. Если приемник GPS находится на уровне моря, то определена и третья сфера, центр которой совпадает с центром Земли, а радиус - с радиусом земного шара. Эта сфера пересекает Окружность 3 в двух точках, одна из которых заведомо не подходит - скажем,

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

соответствует слишком высокой скорости перемещения и может быть проигнорированная. Микропроцессорный блок обработки данных производит все соответствующие вычисления. Теоретически достаточно трех сфер, но на самом деле, обычно возникает необходимость в дополнительных измерениях, обусловленная особенностями работы хронометрирующих устройств.

Приемник GPS использует небольшие и довольно точные электронные часы. Их точность составляет 10^{-9} с, в то время как точность атомных часов, используемых спутниками – 10^{-12} с. Это вызывает появление существенной ошибки в определении координат, для устранения которой необходимы дополнительные данные спутниковых измерений. В итоге, для получения точной информации необходимы данные по четырем спутникам для наземных и воздушных измерений и по трем - для морских (радиус и координаты центра четвертой сферы совпадают соответственно с радиусом Земли и координатами центра Земли).



Таким образом, если позволить себе немного отвлечься от профессиональной терминологии, в основу системы GPS положен тот основной принцип, на котором базируется работа всех навигационных устройств - определение направления по

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

известным ориентиром. Таким ориентиром может служить все, что угодно - и неподвижная Полярная звезда, и магнитный полюс Земли и орбитальный спутник.

Спутник передает сигналы на двух несущих частотах в дециметровом диапазоне. Сигналы на первой частоте F1 (1575,42 МГц) включают информацию о местоположении и код SPS, а сигналы на второй частоте F2 (1227,60 МГц) используются для измерения ионосферной задержки.

В качестве метода модуляции применяется так называемая технология SST (Spread Spectrum Transmission), основанная на использовании широкополосных сигналов. Модуляция сигналов на частотах F1 и F2 осуществляется при помощи трех различных бинарных кодов. C/A-код (стандартного определения местоположения) модулирует фазу несущей F1, «размазывая» спектр в полосе 1 МГц. Он представляет собой повторяющийся с периодом 1 МГц PRN-код. Каждому спутнику соответствует собственный C/A-код. Код, модулирующий фазу несущей F1, (является основой гражданского стандарта) SPS. P-код (точного определения местоположения) модулирует фазы обеих несущих - F1 и F2. Он предоставляет собой длительный PRN-код с периодом 10 МГц. Каждому спутнику выделяется индивидуальный семидневный интервал P-кода, причем начальное состояние таких кодов меняется каждую неделю для обеспечения защиты от несанкционированного доступа.

Третий код - так называемое «навигационное сообщение» - также модулирует фазу несущей F1 при помощи C/A-кода. Это код с периодом 50 Гц, передаваемый в виде шестисекундных кадров, каждый из которых состоит из пяти 300-битных субкадров.

В процессе создания системы GPS разработчикам пришлось столкнуться с серьезными проблемами технологического характера.

Первая из таких проблем - как определить момент посылки сигнала со спутника. Она была решена следующим образом. Вышеописанные PRN-коды генерируются и спутником и приемником GPS каждую миллисекунду и ничем не отличаются друг от друга. Сравнение кодов позволяет определить временную разницу между спутником и приемником.

Вторая проблема, вернее, даже целый комплекс сходных проблем, заключалась в необходимости коррекции ошибок определения координат. Что может обусловить появление таких ошибок и какими они бывают?

Первая разновидность обусловлена как помехами в PRN-коде, так и на линии радиосвязи.

Второй тип ошибок - так называемые ошибки смещения, количество и величина которых определяется степенью селективности и рядом других факторов. Степень селективности определяет точность измерений, производимых системой GPS и намеренно снижается для гражданских пользователей. Так, потенциальная точность измерений составляет около 30 м, а реальная, как уже было упомянуто, снижена до 100 м. Возможно, нелишним будет напомнить, что снижение степени селективности достигается за счет использования различных PRN-кодов для гражданских и военных целей.

Ошибки смещения могут также возникнуть в том случае, если ошибки хронометрических данных по той или иной причине не были исправлены контрольным сегментом системы GPS. Для повышения точности измерений следует также учитывать так называемые тропосферные задержки, обусловленные изменениями температуры, атмосферного давления и влажности воздуха, приводящими к искривлению траектории распространения радиосигнала. Величина таких ошибок обычно не превышает одного метра.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

Еще одну существенную проблему представляют собой интерференционные замирания, обусловленные многократным отражением сигнала спутника от находящихся вблизи приемника естественных препятствий - например, высотных зданий. Ошибка, обусловленная «раздроблением» может достигать 10 м. Причем и учесть и свести на нет помехи подобного рода иногда оказывается достаточно сложно.

Наконец, разного рода неприятности могут быть связаны либо с аппаратными ошибками (например, если на военной базе в Колорадо отключат свет ввиду неуплаты долгов) и ошибками операторов станций слежения; либо со сбоями в работе программного и аппаратного обеспечения. Величина ошибок такого рода естественным образом варьируется от одного метра до нескольких сотен километров.

Для устранения вышеописанных препятствий на пути к точному определению координат, создателями системы GPS были разработаны специальные методы, на основе так называемого дифференциального приема. Например, для морских наблюдений, дифференциальные GPS позволяют достичь точности определения положения 5-10 метров и скорости - ± 0.9 км/ч. Для достижения таких результатов нужно приобрести и присоединить к Вашему устройству GPS специальный приемник. Последний декодирует сигналы с более низких частот, получаемые от передатчика наземного базирования с заранее определенными координатами и корректирует данные, полученные от спутника. Интересно, что поправки могут вноситься в данные как в режиме реального времени, так и *post factum*. Во втором случае данные, полученные от наземного передатчика записываются, а все необходимые вычисления производятся позднее. Базируется эта система на сети наземных станций. В частности, в США эту функцию берут на себя станции береговой охраны.

Основная задача устройств GPS - определение и отображение в удобном для пользователя виде информации о местонахождении объекта с таким устройством в любое время суток, при любой погоде, в любой точке земного шара. Было бы наивно полагать, что производители приемников GPS остановятся лишь на возможности определения координат. В настоящее время это небольшое устройство (размерами не больше плитки шоколада) наделено многими полезными (и не очень) функциями, вполне очевидно вытекающими из возможности определения местоположения в пространстве. Наиболее полезным, как показывает практика, является возможность приемника GPS вести вас по заранее указанному курсу. Вам достаточно лишь ввести координаты точки прибытия - и на экране вы увидите направление, в котором надо двигаться, расстояние до объекта следования, отклонение от курса, а также время, за которое вы достигнете цели при определенной скорости движения. Свои координаты приемник GPS определяет (вычисляет), принимая сигналы со спутников, находящихся на высоких околоземных орбитах. Сегодня на орбите располагаются 24 спутника, запущенных в недалеком прошлом военно-воздушными силами США. Достаточно сказать, что тысячекилограммовая бомба, запускаемая с самолета F-16 и ведомая с помощью системы GPS, поражает цель с точностью до нескольких метров.

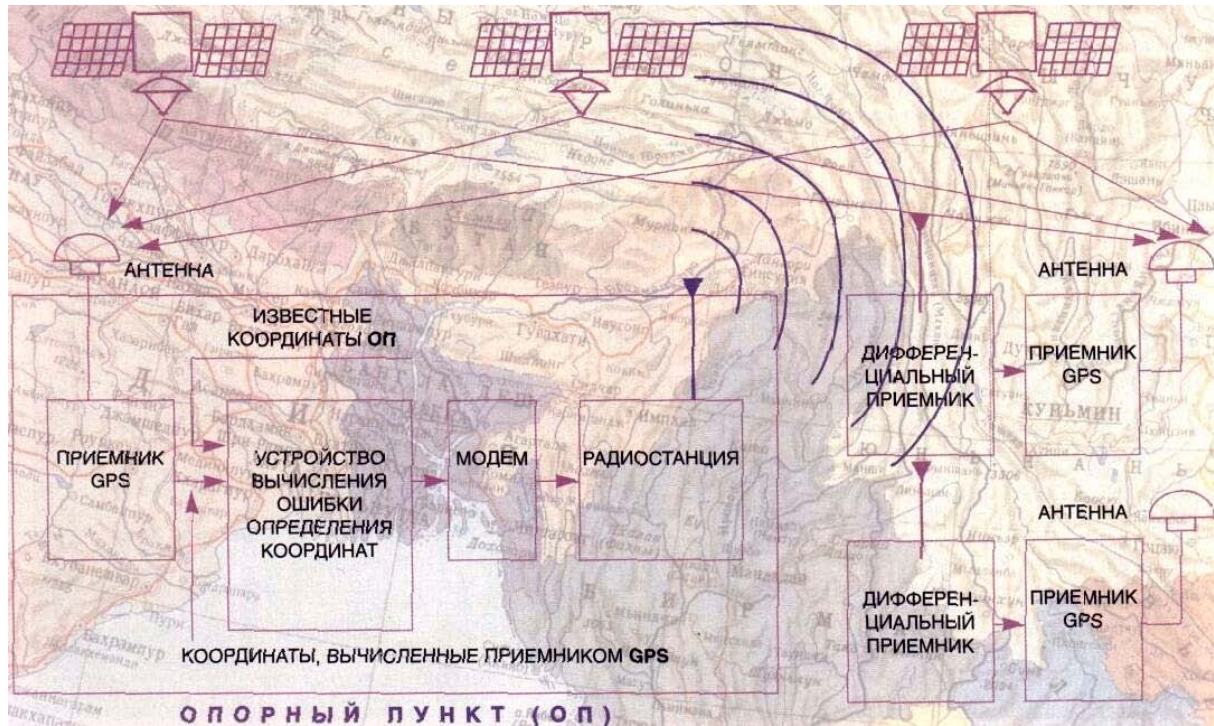
Для гражданских применений в сигнал, передаваемый со спутников, вводится специальная ошибка, которая при вычислении координат дает погрешность в несколько десятков метров.

Если назначение приемников GPS стало для вас вполне очевидным и вы чувствуете непреодолимое желание приобрести в свое личное пользование подобное устройство, то мы просто обязаны поделиться некоторыми соображениями по поводу особенностей структуры приемников GPS.

Выделяют три типа приемников, применяемых в системах GPS. Многоканальные, мультиплексируемые и с последовательным опросом. В системах, перемещающихся со

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

значительной скоростью, предпочтительнее использовать многоканальные приемники. Поскольку объектов, передвигающихся с очень большими скоростями, что может существенно повлиять на точность определения координат, не так много, то, в принципе, все равно, какой тип приемников используется.



Самые простые приемники имеют обычный двух - четырех строчный дисплей с точечным изображением символов, на котором отображается буквенно-цифровая информация и простейшие графики и схемы. Естественно, графическое изображение очень полезно и удобно для восприятия. Так, например, на дисплее можно увидеть направление, в котором надо двигаться, пройденный путь, компас и многое другое.

Наиболее удобны в пользовании дисплеи с большими экранами, на которых ваши координаты "привязываются" к электронной карте конкретной местности. Таким образом, вы всегда будете иметь систему слежения за своим передвижением. Следует иметь в виду, что разнообразные модификации приемников GPS, имеющих различные характеристики и возможности, имеют и различные дисплеи. Помимо размеров, важными являются такие свойства дисплея, как разборчивость изображения (четкость), темнота символов, а также возможность работы как при ярком солнце, так и при свете одних только звезд, ибо некачественное изображение может перечеркнуть все функциональные преимущества данного приемника по сравнению с другим, обладающим меньшими возможностями, но оснащенным более "читаемым" дисплеем. Особенно важна простота работы с отображаемой информацией и информативность каждого из дисплейных "окон" с тем, чтобы для получения необходимой информации не требовалось переходить от одного "окна" к другому (т. е. несколько раз менять изображение на дисплее). Самыми интересными в этом смысле являются GPS дисплеи, позволяющие самому выбирать содержимое каждого из "окон", в зависимости от специфики его применения.

Все устройства определения координат можно условно разделить, как и многие другие средства связи на два класса: носимые (портативные) и возимые (мобильные) приемники GPS. Как правило, у возимых вариантов более широкий экран и имеется приспособление для крепления к подвижному объекту. Что касается антенной системы, то здесь также можно выделить два класса устройств:

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

приемники с внутренними (встроенными) антеннами и с внешними антеннами. Внешние антенны, в свою очередь, могут быть двух типов: маленькие антенны, которые крепятся непосредственно к приемнику GPS, и выносная антенна, более эффективная, размещаемая, в основном, с помощью магнита на крыше автомобиля, катера и т. д. Выносные антенны применяют в том случае, если приемник GPS находится под экранирующей поверхностью (например, под крышей автомобиля).

Некоторых может не устроить точность определения координат (несколько десятков метров), как, например, при движении судов по очень узким рекам и каналам и т. д. В этом случае применяются дифференциальные приемники GPS (DGPS). Под этим понимается установка специального отдельного дифференциального приемника, который подключается к обычному приемнику GPS. Дифференциальный приемник принимает сигнал с опорного пункта, который содержит информацию об ошибке определения координат. Эта ошибка учитывается при отображении координат на дисплее приемника GPS, доводя точность до 2...5м. Ошибка в определении координат вычисляется следующим образом. Координаты опорного пункта заведомо известны, там же устанавливается приемник GPS, который определяет "неточные" координаты. По известным и вычисленным координатам определяется ошибка и через передатчик посылается сигнал в эфир всем, кто сможет его принять (см. рисунок). По такому принципу, например, построена работа береговой охраны США.

Теперь давайте снова обратимся к возможностям приемников GPS и поговорим о хранении информации. В зависимости от фирмы изготовителя и модификации приемника, они могут запоминать от 100 до 2000 точек (пунктов). Дав каждой из них свое название (его вы устанавливаете сами), затем можно найти любую из этих точек по названию. Можно также запомнить ваши текущие координаты, также дав им название. Помимо координат, приемник может хранить в памяти несколько десятков путей, которые вы устанавливаете сами или которые приемник GPS отслеживает. Затем выбираете нужный вам путь, и с помощью приемника сможете успешно добраться до пункта назначения, при этом на экране отображается много полезной информации: типа отклонения от курса, примерное время в пути и т. д.

Практически все приемники GPS имеют функцию оповещения о приближении к точке, которая по каким-либо причинам является опасной для вас. Границы опасной зоны вы, естественно, выбираете сами.

Последнее, о чем просто необходимо упомянуть, это возможность обмениваться информацией с другими устройствами, например, локаторами, эхолотами и т. д. Для этого предусмотрен специальный протокол передачи данных NMEA. Это, в частности, позволяет накладывать информацию об объектах, полученную с локатора, на карту конкретной местности. Помимо этого, многие приемники GPS имеют разъем RS-232 и последовательный порт.

Расскажем также несколько подробнее о некоторых интересных, принадлежащих к данному классу, устройствах. Пожалуй, уникальным в своем роде устройством является приемник GPS фирмы MAGELLAN GSC 100. Особенность его заключается в том, что, помимо приемника со всеми полагающимися ему возможностями, GSC 100 является еще и устройством передачи и приема электронной почты (e-mail) через спутниковую систему ORBCOMM. Система ORBCOMM состоит из 28 спутников, расположенных на низких орбитах (примерно 750 км над землей), она позволяет передавать и принимать сообщения e-mail в любой точке земного шара. Для того, чтобы сопрягать спутниковый сегмент (сигналы со спутников) с наземными сетями общего пользования, был построен ряд наземных шлюзовых станций.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

Таким образом, в довольно маленьком устройстве (29´4,5 см) фирме MAGELLAN удалось объединить сразу две спутниковые технологии, что сделало его незаменимым спутником в местах, где еще долго будут отсутствовать обычные средства связи.

Еще одно довольно необычное устройство совсем недавно было выпущено фирмой GARMIN и носит название GPSCOM190. Оно сочетает в себе, по сути, два устройства: двенадцати канальный приемник GPS и УКВ приемник авиационного диапазона, что делает его незаменимым для пилотов малогабаритных частных самолетов. Технологией GPS могут пользоваться также гражданские воздушные авиалайнеры.

ГЛОНАСС - РОССИЙСКАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА

Навигационные системы, использующие искусственные спутники Земли, становятся основным средством наземной, воздушной и морской навигаций.

Первым шагом в этом направлении было создание низкоорбитальных спутниковых систем: отечественной "Цикады" и американской "Транзит". Следующим этапом явилась реализация программ по созданию глобальных навигационных спутниковых систем — российской ГЛОНАСС и американской NAVSTAR (GPS). Обе они сейчас находятся в эксплуатации.

Основными требованиями к навигационным системам являются высокая точность местоопределения, глобальность действия, а также получение навигационного радиосигнала в любое время суток. К важнейшим качествам современных навигационных средств относятся их независимость от погодных условий, надежность работы и возможность свободного доступа неограниченному числу пользователей.

Всем этим требованиям соответствует система ГЛОНАСС, обладающая более высокой точностью и оперативностью, чем ранее развернутые низкоорбитальные системы. Установка на борту навигационных спутников атомных стандартов частоты позволяет использовать эту систему и для измерений в интересах службы времени.

ГЛОНАСС дает возможность пользователю определять координаты местоположения, скорость движения и точное время. Каждый спутник (всего их в орбитальной группировке 24) непрерывно излучает навигационный радиосигнал. Аппаратура пользователя одновременно принимает сигналы от четырех ИСЗ ГЛОНАСС и автоматически определяет беззапросным способом дальность до этих спутников и скорость их движения. При необходимости определить только две координаты объекта (горизонтальные, например на поверхности моря) навигационной аппаратуре пользователя достаточно сигналов от трех спутников. По результатам этих измерений и с помощью цифровой информации, передаваемой со спутников, после ее обработки автоматически решается навигационная задача:

определяются местоположение пользователя и другие параметры. При этом навигационная задача может быть решена с момента первого включения аппаратуры в течение нескольких минут, с последующим определением через каждую секунду.

Навигационная информация незаменима при геодезических работах, составлении земельных кадастров, прокладке коммуникаций. Она необходима геологам при разработке и обустройстве нефтяных и газовых месторождений, в том числе и на прибрежных шельфах.

Система ГЛОНАСС открыла новые возможности для научных исследований и решения прикладных задач. Этот перечень может быть достаточно широким — от определения смещения горных массивов, литосферных плит, сейсмических измерений до

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

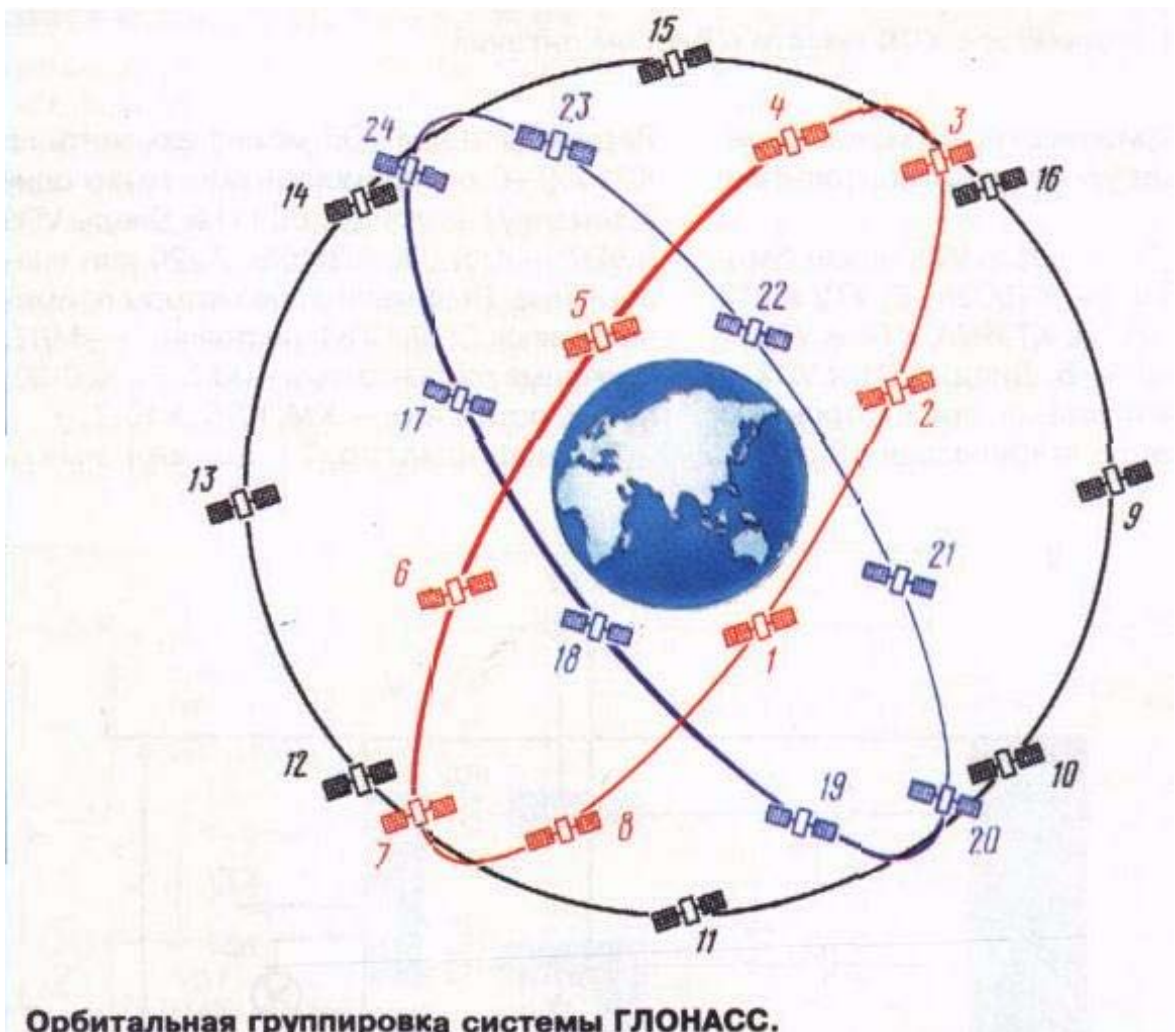
прецизионных измерений в интересах геодинамики и радиоастрономии, синхронизации шкал времени удаленных друг от друга объектов.

Еще одна область применения навигационной информации — организация поисково-спасательных работ.

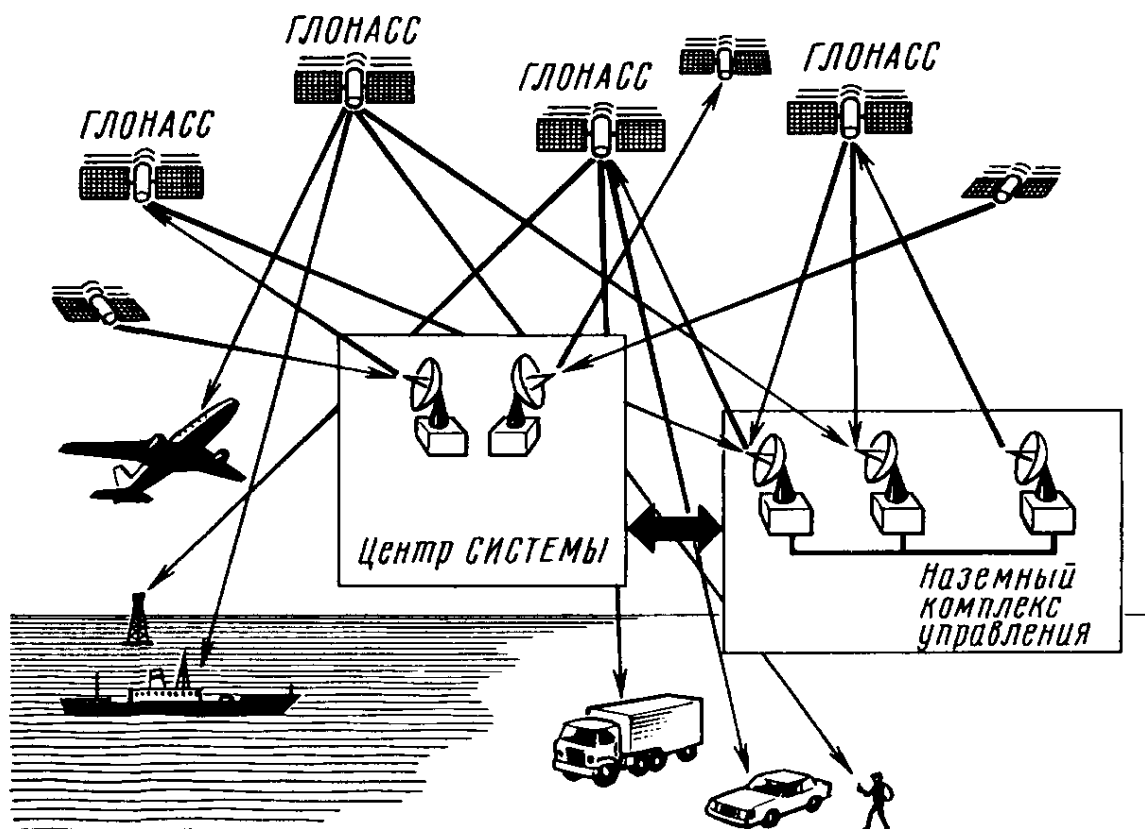
В системе ГЛОНАСС принято частотное разделение каналов. Каждый спутник в диапазоне 1600 МГц излучает навигационный радиосигнал на своей несущей частоте, отличной от частот других ИСЗ.

Навигационные данные могут выводиться на табло в виде числовых значений координат, скорости и времени, а также отображаться на электронных картах в графическом изображении маршрута движения.

Системы координат могут выбираться пользователями в зависимости от их потребностей.



САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ



Принцип работы системы ГЛОНАСС.

В состав системы ГЛОНАСС входит, как уже отмечалось, орбитальная группировка из 24 спутников, находящихся на круговых орбитах на высоте 19100 км. Они были запущены и будут запускаться для восполнения группировки с космодрома "Байконур" ракетой-носителем тяжелого класса "Протон" со специальным разгонным блоком по три спутника сразу. Причем масса каждого из них составляет более 13000 кг. Спутники расположены в трех орбитальных плоскостях, разнесенных на 120° . В каждой плоскости находится восемь ИСЗ, которые удалены друг от друга на 45° по широте. Период обращения каждого спутника вокруг Земли — 11 ч 15 мин.

Такое построение орбитальной группировки позволяет создать оптимальные условия для непрерывного и глобального обеспечения всей поверхности Земли радионавигационными сигналами. Это дает возможность пользователю со среднеквадратической ошибкой около 20 м устанавливать свои координаты и с погрешностью не хуже чем 15 см/с определять скорость.

Для этого на каждом спутнике имеется навигационный комплекс, который формирует навигационное сообщение и излучает его на Землю со скоростью 50 бит/с. Излучаемый радионавигационный сигнал содержит эфемериды спутника (данные о его местоположении на орбите на каждый момент времени), служебные данные, информацию об исправности бортового комплекса.

"Сердцем" бортового комплекса является высокостабильный генератор с относительным уходом частоты за сутки $5 \cdot 10^{-10}$ с. Он служит основным источником для создания бортовой шкалы времени и обеспечивает синхронизацию всех процессов, проходящих в системе ГЛОНАСС. Важнейшую роль играет также бортовая ЭВМ, которая "запоминает" и обрабатывает принимаемую с наземных пунктов управления информацию и обеспечивает выполнение программы работы специальных бортовых систем.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

В передаваемом с борта сигнале содержится информация о положении всех других спутников на орбите. Эта информация включает в себя начальные условия движения ИСЗ, что позволяет пользователю с помощью навигационной аппаратуры выбирать оптимальные созвездия спутников для точного определения своего местоположения.

Управление спутниками осуществляется с наземного комплекса. В него входят Центр управления, расположенный под Москвой, и станции измерения и контроля, рассредоточенные на территории России: в Москве, Санкт-Петербурге, Енисейске, Комсомольске-на-Амуре.

Наземный комплекс управления контролирует правильность функционирования орбитальной группировки, измеряет параметры орбит ИСЗ, передает на спутники программу работ и специальную информацию.

Передача информации на наземный комплекс управления и передача навигационной информации пользователям производится по разным радиоканалам.

Для того, чтобы все процессы в такой сложной системе происходили в одной шкале времени, в состав аппаратуры Центра управления включен центральный синхронизатор. Его основа — высокостабильный водородный генератор частоты, обеспечивающий на порядок более высокую суточную относительную нестабильность, чем генератор, который установлен на спутнике. Таким образом, бортовые шкалы времени системы ГЛОНАСС синхронизируются с центральным синхронизатором, а через него — и с государственным эталоном частоты и времени.

Такое построение системы позволяет пользователю получать широкий набор сервисных услуг, помимо определения своих координат и поправки времени. При этом режим работы пользователя — беззапросный, что делает возможным одновременное применение неограниченного числа приемников сигналов системы ГЛОНАСС.

Для пользователей системы ГЛОНАСС российскими предприятиями разработана и выпускается навигационная аппаратура в нескольких модификациях, рассчитанная на массовое производство и применение в различных условиях. В комплект аппаратуры пользователя входят приемник, антенна, процессор и устройство индикации общим весом 1,5—2,5 кг.

Приемники аппаратуры — многоканальные, могут принимать одновременно сигналы от 6—12 спутников, находящихся в зоне видимости пользователя. Кроме того, они могут настраиваться на передатчики системы NAVSTAR. Все это позволяет выбрать оптимальное созвездие спутников для повышения точности измерений.

Массогабаритные характеристики отечественной аппаратуры близки к зарубежным аналогам и позволяют использовать ее на личных автомобилях, на яхтах, а также в геологических партиях.

Несмотря на высокую точность определения местонахождения объектов, получаемую в настоящее время с помощью

системы ГЛОНАСС, широко развернуты работы, направленные на дальнейшее повышение ее технических характеристик и устойчивости функционирования в различных условиях. Одно из таких направлений связано с использованием режима дифференциальных навигационных определений.

Внимание к дифференциальному режиму вызвано необходимостью обеспечивать решение некоторых задач, например, определения координат с точностью до нескольких сантиметров.

В основе дифференциального метода лежит формирование разности отсчетов, что и определило его название — дифференциальный.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

Сущность метода заключается в том, что наземные опорные станции, координаты которых известны, с высокой точностью осуществляют непрерывные измерения параметров спутников ГЛОНАСС, находящихся в зоне видимости. В результате обработки полученных данных эти станции вырабатывают дифференциальные поправки и передают их в навигационную аппаратуру пользователя, которая использует их для компенсаций систематических погрешностей в своих измерениях.

Практическим стимулом применения этого режима была необходимость использования спутниковых навигационных систем для посадки самолетов. Поэтому современная аппаратура пользователя может работать в дифференциальном режиме.

В настоящее время в дифференциальном режиме в сочетании со специальными техническими измерениями и программно-математическими методами удается достигать точностей до нескольких сантиметров.

По оперативности и точности аппаратура системы ГЛОНАСС находится на уровне лучших мировых аналогов. Это стало возможным благодаря использованию последних достижений в развитии элементной базы с высокой степенью быстродействия и интеграции.

Тем не менее, к сожалению, по количеству модификаций отечественная аппаратура пользователя не столь разнообразна, как зарубежная. Объясняется это, прежде всего, недостаточным финансированием разработчиков и заводов-изготовителей серийной аппаратуры. Этим не замедлили воспользоваться зарубежные фирмы, прежде всего в США. В России и государствах СНГ появилась дешевая аппаратура пользователя нового поколения. В результате произошло смещение спроса в пользу зарубежных образцов, а отечественной технике приходится вести нелегкую конкурентную борьбу.

Однако несмотря на это, близкий научно-технический уровень российской и американской систем навигации вызывает интерес к сотрудничеству. По предложению российской и американской сторон в международных организациях по авиации (ИКАО) и морского флота (ИМО) рассматривается вопрос о совместном использовании систем ГЛОНАСС и NAVSTAR. Это дало бы возможность повысить точность получения навигационной информации, так как пользователи могли бы выбирать оптимальное созвездие из большего числа видимых спутников, достигающего до 16—20, и пользоваться приемниками с числом каналов 12 и более.

Совмещение глобальных систем навигации, несомненно, ведет к большей достоверности навигационных определений за счет избыточности навигационных спутников в зоне видимости пользователя. А это позволит расширить рамки использования систем, в том числе для такой сложной операции, как заход самолетов на посадку, что привлечет дополнительное число пользователей.

В настоящее время постоянно растут требования пользователей к навигационному обеспечению. Это учитывают предприятия-разработчики ГЛОНАСС, в числе которых такие известные коллективы, как НПО прикладной механики, Российский НИИ космического приборостроения, Российский институт радионавигации и времени. Их усилия направлены на то, чтобы еще больше повысить точность навигационных определений, поднять надежность и срок службы бортового комплекса и аппаратуры пользователя, добиться большей совместимости ГЛОНАССа с другими радиотехническими системами.

Несомненно, высокий научно-технический потенциал отечественных разработчиков, их сотрудничество в международном масштабе приведут к новому качественному скачку в глобальной навигации.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ



Навигационная аппаратура пользователей системы ГЛОНАСС.