

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

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

В.Д. БАЦАНОВСКИЙ

**САМОЛЁТОВОЖДЕНИЕ ЛЁТЧИКА-НАБЛЮДАТЕЛЯ
АВИАЦИОННОЙ ОХРАНЫ ЛЕСОВ**

(Основы авиационной картографии)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ПУШКИНО, 1998 г.

Работа рекомендована к изданию
курсами лётчиков-наблюдателей
ВИПКЛХ

Бацановский В.Д.

Самолётовождение лётчика-наблюдателя авиационной охраны лесов. Основы авиационной картографии. Учебное пособие. Пушкино: 1998, 57 с.

Учебное пособие "Основы авиационной картографии" является вводным разделом курса "Самолётовождение" и служит для более глубокого усвоения основных разделов. Оно предназначено для слушателей курсов лётчиков-наблюдателей авиационной охраны лесов и может быть использовано в базах авиационной охраны лесов в качестве учебного пособия.

О С Н О В Ы А В И А Ц И О Н Н О Й К А Р Т О Г Р А Ф И И

Основы авиационной картографии являются разделом курса самолётовождения и включают изучение следующих вопросов:

- предмет самолётовождения;
- краткий очерк развития теории и практики самолётовождения;
- основные географические понятия;
- измерение времени;
- карты, применяемые в авиации;
- основные навигационные понятия и определения.

Основная учебная цель раздела состоит в подготовке слушателей к учебному освоению ими основных разделов курса самолётовождения.

I. ПРЕДМЕТ САМОЛЁТОВОЖДЕНИЯ

При выполнении полёта экипаж должен уметь с достаточной точностью провести самолёт по заданному маршруту, вывести его в пункт назначения в назначенное время. Каждому экипажу необходимо в совершенстве изучить и знать способы применения как общих, так и технических средств самолётовождения, в совершенстве владеть практикой применения их в полёте.

Получив задание на полёт, экипаж производит подготовку к полёту:

- прокладывает на карте маршрут;
- разрабатывает и составляет штурманский план полёта;
- заполняет бортовой журнал;
- проверяет исправность навигационного оборудования самолёта;
- проходит контроль готовности к полёту и получает разрешение на полёт.

После взлёта экипаж, используя имеющиеся средства самолётовождения, выводит самолёт на исходный пункт маршрута, затем на линию заданного пути, поворотные пункты маршрута, на заданную точку (по-
жар). выполнив задачу вновь выводит самолёт на линию заданного пути,
а затем на конечный пункт маршрута и аэродром посадки.

Точность самолётовождения будет зависеть от точности расчётов и выдерживания навигационного режима полёта: курса, скорости, высоты полёта. Ошибки, допущенные в расчётах и в выдерживании режима полёта, могут вызвать значительные отклонения от маршрута. Чтобы своевременно обнаружить и исправить эти ошибки, экипаж должен постоянно осуществлять контроль пути в полёте, т.е. вести ориентировку.

Необходимо периодически определять фактическое местонахождение самолёта как визуально, так и с помощью технических средств самолётовождения, своевременно вносить изменения в навигационный режим полёта, т.е. изменять курс, скорость и высоту полёта.

Осуществляя самолётовождение, экипаж пользуется не только бортовыми средствами самолётовождения, но и данными наземных радиотехнических средств контроля и управления полётами.

Таким образом, самолётовождение - это комплекс действий экипажа и наземных радиотехнических средств контроля и управления полётами, обеспечивающих наибольшую точность вождения самолёта по заданному маршруту с целью вывода его на заданный объект и на аэродром посадки.

Большое значение в самолётовождении имеет полётная карта, без которой не возможен ни один полёт. Поэтому летнаб должен знать как она подготавливается, её содержание и порядок работы с ней.

Самолётовождение осуществляется выполнением экипажами следующих задач:

- точное выполнение полёта по установленному маршруту;
- определение навигационных элементов, необходимых для выпол-

нения полёта по установленному маршруту;

- обеспечение прибытия самолёта в пункт назначения в установленное время и выполнение посадки на аэродроме;
- обеспечение безопасности полёта.

Для успешного решения данных задач экипаж использует современные технические средства самолётовождения, которые делятся на группы:

1. Общие (геотехнические)
2. Радиотехнические
3. Астрономические
4. Светотехнические

Рассмотрим содержание и решаемые задачи каждой группой технических средств самолётовождения.

Общие (геотехнические) средства самолётовождения.

Эти средства (их действия) основаны на измерении различных параметров полей земли. К общим геотехническим средствам относятся:

- магнитные компасы;
- гироскопические навигационные и пилотажные приборы;
- указатели воздушной скорости, барометрические высотомеры, термометры наружного воздуха;
- автоматические навигационные устройства воздушного счисления пути, служащие для определения места самолёта и работающие от датчиков, использующих геофизические свойства земли.

Радиотехнические средства самолётовождения.

Эти средства основаны на измерении параметров электромагнитных полей.

К радиотехническим средствам самолётовождения относятся:

- автоматический радиокompас;
- самолётная радиостанция;
- радиовысотомеры;

- радиопеленгаторы;
- дальномерные и разностно-дальномерные системы;
- панорамные радиолокаторы.

Астрономические средства самолётовождения

Действия этих средств основаны на использовании космических источников светового и радиоизмерения.

К астрономическим средствам самолётовождения относятся:

- астрономические компасы;
- авиационные секстанты;
- астроориентаторы.

Светотехнические средства самолётовождения.

Их действия основаны на использовании бортовых и наземных источников света.

К светотехническим средствам самолётовождения относятся:

- светомаяки;
- прожекторы;
- огни посадочной системы;
- пиротехнические средства (ракеты, дым - шапки);
- ориентирные бомбы, знаки.

Современные воздушные суда оснащены техническими средствами самолётовождения всех четырёх групп, и экипаж выбирает для использования те из них, которые в конкретном полёте наилучшим образом способствуют выполнению полёта.

2. КРАТКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ САМОЛЁТОВОЖДЕНИЯ

В 1878 году русский изобретатель А.Ф.Можайский построил первый в мире самолёт с паровым двигателем, на котором было предусмотрено навигационное оборудование, включающее:

- магнитный компас;

- указатель скорости;
- высотомер;
- часы;
- планшет для карты.

Первый успешный полёт на самолёте с двигателями внутреннего сгорания совершили братья Райт 17 декабря 1903 года.

Первоначально функции самолётовождения (навигатора) на двух - местном самолёте возлагались на лётчика (пилота). Второе место занимал техник. Но уже в период первой мировой войны в русском воздушном флоте в состав экипажа был введён лётчик-наблюдатель, который выполнял:

- ориентировку;
- наблюдение за противником;
- аэрофотосъёмку.

Теория и практика самолётовождения в то время развивалась как ориентировка по земным ориентирам.

В конце XIX века русский изобретатель М.М.Поморцев сконструировал навигационный визир, который представлял собой комбинацию магнитного компаса и зрительной трубы. Благодаря этому визиру, можно было определять азимуты наземных ориентиров и место самолёта.

В 1910 году в России была создана топографическая карта специально для самолётовождения. Сличением карты с местностью лётчик-наблюдатель опознавал три ориентира, после чего рукой указывал лётчику направление полёта. Магнитные компасы хотя и стояли на самолёте, но работали ненадёжно и почти не использовались. Полёт по заданному маршруту проходил либо вдоль линейных ориентиров, либо от одного треугольника ориентиров к другому.

В это время был совершён ряд выдающихся перелётов. Один из них в 1911 году совершён группой лётчиков во главе с А.А.Васильевым по маршруту Петербург-Москва.

В 1913 году появились тяжёлые бомбардировщики "Илья Муромец", что потребовало разработки более совершенного навигационного оборудования для выполнения полётов большой протяженности и в любое время суток вне зависимости от метеорологических условий и видимости земли. В этом же году В.А.Слесарев разработал новый измеритель воздушной скорости.

В 1914 году совершён выдающийся перелёт лётчиком П.Н.Нестеровым и механиком Г.М.Нелидовым по маршруту: Киев - Быхов - Витебск - Городок - Гатчина - Петербург, протяженностью 1250 км за 8 часов с тремя посадками.

В 1915 году "Илья Муромец" пролетел 1144 км на высоте 5200 м по маршруту: Варшава - Торн - Нейденбург - Варшава.

В 1923 году была открыта Центральная аэронавигационная станция (ЦАНС), которая явилась первым научно-испытательным центром по вопросам самолётовождения.

Совершенствуется методика самолётовождения и технические средства. Профессор А.Н.Журавченко доказал возможность полётов на большие расстояния вне видимости земли по магнитному компасу и другим приборам. Он разработал методику самолётовождения по магнитному компасу, способы измерения навигационных элементов. Им был сконструирован ветрочёт.

В 1925 году на шести самолётах Р-1 и Р-2 осуществлён перелёт Москва - Пекин протяженностью 7000 км.

В 1926 году лётчиком М.М.Грозовым совершён круговой европейский перелёт по маршруту: Москва - Кенигсберг - Берлин - Париж - Рим - Вена - Прага - Варшава - Москва протяженностью 7150 км за 34 часа 15 минут.

В 1929 году лётчик С.А.Шестаков, штурман Б.В.Стерлигов на самолёте "Страна Советов" совершили перелёт по маршруту: Москва -

Нью-Йорк, через Сибирь, Охотское море, Баренцево море и Северную Арктику. Протяжённость маршрута - 21242 км.

В 1932 году было разработано первое наставление по аэронавигационной службе (НАНС). Большой вклад в его разработку внёс Стерлигов Б.В.

В этот период получили дальнейшее развитие технические средства самолётовождения. Появляются радиотехнические средства.

В 1932 году в авиации стал применяться для самолётовождения радиопеленгатор АРП-1 Н.А.Корбанского, а также радиополукомпас РПК-2 и затем РПКО-10, изготовленных Е.Н.Геништа, и в дальнейшем АРК-Б.

В 1941 году РПКО и РПК были установлены только на самолётах бомбардировщиках и разведчиках (ИЛ-4, СБ, ПЕ-2).

Дальнейшее развитие авиационной техники, технических средств и методов самолётовождения позволили совершить ряд выдающихся перелётов:

а) 1934 год. Лётчиком М.М.Громым и штурманом И.Т.Спириным на самолёте АНТ-25 совершён полёт по замкнутой кривой протяжённостью 12411 км за 75 ч 2 мин без посадки.

б) 1936 год. В.П.Чкалов, Г.Ф.Байдуков и штурман А.В.Беляков совершили перелёт по маршруту Москва - Северный ледовитый океан - Петропавловск-Камчатский - остров Удд протяжённостью 9374 км за 56 ч 20 мин, самолёт АНТ-25.

в) 1937 год. В.П.Чкалов, Г.Ф.Байдуков и А.В.Беляков совершили перелёт по маршруту Москва - Северный полюс - США протяжённостью 9130 км за 63 ч 16 мин, самолёт АНТ-25.

г) 1937 год. Повторен по этому же маршруту перелёт М.М.Громым, А.Б.Юмашевым и штурманом С.А.Данилиным. Протяжённостью перелёта 11500 км за 62 ч 17 мин. Достигнут мировой рекорд дальности полёта.

В этих перелётах широко использовались радиоконпас и астрономические средства самолётовождения.

Начиная с 1938 года осуществляется подготовка штурманского состава с высшим образованием.

В 1939 году вышла книга Ю.В.Поляка "Теория самолётовождения", которая явилась одной из первых работ с применением высшей математики.

После Великой Отечественной войны начался новый этап в развитии авиации и самолётовождения.

В 1946-47 годах Б.Г.Ратц и Н.К.Кривоносов опубликовали "Курс самолётовождения" в 4-х частях.

С развитием реактивной авиации значительно совершенствуются навигационное оборудование и средства самолётовождения. Создаются автоматизированные системы. Стали применяться бортовые вычислительные машины.

3. ОСНОВНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

3.1. Форма и размеры земли.

Земля - небесное тело, не имеющее простой геометрической формы. За геометрическое тело, близкое к форме земли, принят геоид.

Геоид - геометрическое тело, ограниченное условной (уровенной) поверхностью, которая является продолжением поверхности океанов в их спокойном состоянии.

Для упрощения вычислений геоид заменяют эллипсоидом вращения. На практике все географические работы осуществляются по эллипсоиду вращения Ф.Н.Крассовского (1878 + 1948), который имеет параметры:

- большая полуось "а" равна 6378,245 км ;
- малая полуось "в" равна 6356,836 км.

Сжатие у полюсов составляет 21,832 км, для упрощения расчётов зем-

ной шар приняли за шар с радиусом равным 6371 км.

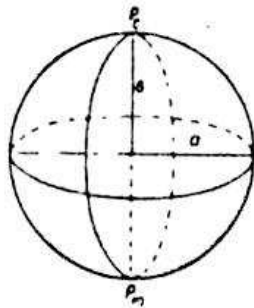


Рис. 1. Эллипсоид вращения.

Ошибки от этого упрощения составляют: в определении расстояний - $\pm 0,5 \%$, а в определении углов $\pm 12'$.

3.2. Основные географические точки, линии и круги на земном шаре.

На земном шаре имеются замечательные точки, круги и линии, которые необходимо знать, т.к. они составляют основу для картографических проекций, а также теории самолётовождения.

К основным географическим точкам земного шара относятся полюса: северный, южный, магнитный и географический.

Основными линиями на земном шаре являются: параллель и меридиан.

Основными кругами на земной поверхности являются: экватор, малый круг, большой круг.

Разберём их более подробно.

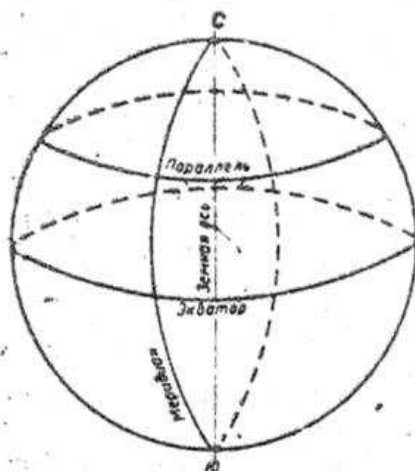


Рис. 2. Основные точки, линии и круги на земном шаре.

Географический полюс (северный, южный) - это точки пересечения оси вращения земли с земной поверхностью.

Большой круг - это круг, образованный на земной поверхности плоскостью сечения, проходящей через центр земли.

Малый круг - это круг, образованный на земной поверхности плоскостью сечения, не проходящей через центр земли.

Экватор - это большой круг, плоскость которого перпендикулярна оси вращения земли.

Параллель - это малый круг, плоскость которого параллельна плоскости экватора.

Меридиан - это большой круг, проходящий через полюса земли.

Свойства меридианов и параллелей

а) Через каждую точку на земной поверхности (кроме полюсов) можно провести только один меридиан и одну параллель. Меридиан и параллель в этом случае называют меридиан и параллель места.

б) Меридиан, проведённый через Гринвичскую обсерваторию, называется Гринвичским или нулевым.

в) Плоскость экватора и плоскость нулевого меридиана являются

начальными плоскостями для отсчёта географических координат.

г) Меридианы сходятся к точкам северного и южного полюсов. Угол схождения меридианов " δ " учитывается при расчётах направлений полётов. Его значение численное или графическое указывается на карте.

3.3. Географические координаты.

Для определения точки на земной поверхности пользуются географическими координатами - широтой и долготой.

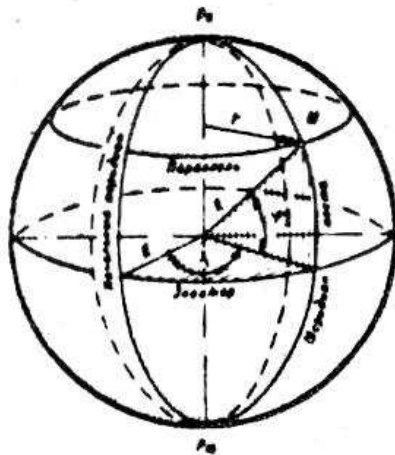


Рис. 3. Географические координаты.

Широта " φ " - это угол между плоскостью экватора и направлением на данную точку из центра земли.

Долгота " λ " - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана места.

Свойства широты и долготы

а) Широта измеряется от 0° до 90° к северному и южному полюсам и соответственно называется северной и южной.

б) Долгота измеряется от 0° до 180° на запад и восток от нулевого меридиана и соответственно называется западной и восточной.

в) Меридиан 180° по международному соглашению принят за линию

смены дат и международной разграфки карт.

г) Долгота места может измеряться как в градусах так и во времени и единицах длины дуги.

Рис 4 3.4. Длина дуги меридиана, экватора и параллели.

Для измерения места положения точки на земной поверхности необходимо уметь переводить значения координат её в градусах в величины длин дуги. В практике самолётовождения необходимо знать и уметь вычислять линейное значение угловых величин координат для различных точек на земной поверхности. Рассмотрим способы расчёта длин дуг по их значениям в градусах.

а) Определение длины дуги меридиана, экватора и большого круга

Ввиду того, что земля принята за шар радиусом 6371 км, то меридиан и экватор по длине равны, следовательно одному градусу будет соответствовать одна длина дуги. Определим её.

Длина экватора и меридиана равна $2\pi R$, где R - радиус земли. Подставив значение его, получим:

$$L_{\text{э.м.}} = 2\pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 6371 \approx 40000 \text{ км.}$$

В то же время экватор и меридиан, являющиеся большими кругами содержат 360° . Тогда, один градус дуги экватора и меридиана будет равен:

$$l^\circ_{\text{э.м.}} = \frac{40000}{360} = 111 \text{ км,}$$

а одна угловая минута экватора и меридиана будет равна:

$$l'_{\text{э.м.}} = \frac{111}{60} = 1852 \text{ м (английская морская миля).}$$

б) Определение длины дуги параллели

Из рисунка видно, что длина дуги параллели всегда меньше длины дуги меридиана и экватора.

Из ΔABC $z = R \cdot \sin \alpha$, угол α выразим через широту φ , тогда получим: $\alpha = 90^\circ - \varphi$, а $z = R \cdot \sin(90^\circ - \varphi)$ или

$$z = R \cdot \cos \varphi$$

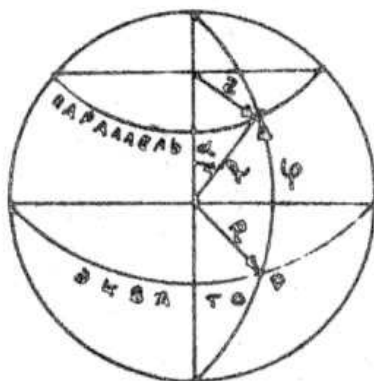


Рис. 4. Определение длины дуги меридиана, экватора, большого круга и параллели.

Таким образом, длина дуги параллели отличается от дуги экватора и меридиана на $\cos \varphi$.

Пример

$$\varphi = 60^\circ$$

Определить l пар.,
если она содержит
 4° дуги

Решение:

$$l \text{ пар. } 4^\circ = \frac{2\pi R}{360} \cdot 4^\circ \cdot \cos \varphi =$$

$$= 111 \cdot 4 \cdot 0,5 = 222 \text{ км.}$$

3.5. Направление на земной поверхности.

Направления на земной поверхности для целей самолётовождения указываются азимутом и путевым углом.

Азимут (истинный пеленг) - это угол, заключённый между северным направлением меридиана, проходящего через наблюдателя, и направлением на ориентир.

Азимут измеряется в градусах от 0° до 360° по часовой стрелке.

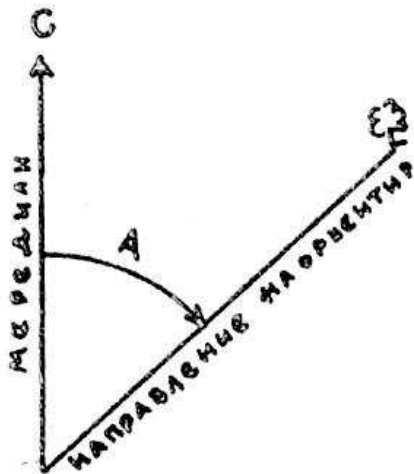


Рис. 5. Азимут.

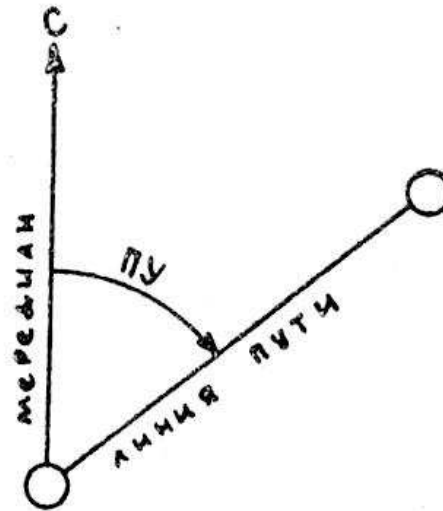


Рис. 6 . Путьевой угол.

Путьевой угол (ПУ) - это угол, заключённый между северным направлением меридиана и направлением пути самолёта. Измеряется в градусах от 0° до 360° . Движение (направление движения) может задаваться, тогда угол между северным направлением меридиана и заданным направлением движения самолёта будет называться заданным путьевым углом (ЗПУ). Если же путьевой угол измеряется до фактического направления движения самолёта, то такой путьевой угол называется фактическим путьевым углом (ФПУ).

3.6. Линия пути и линия положения самолёта.

Линия пути самолёта - это проекция на земную поверхность траектории его движения в воздухе. Линия пути на карте может быть проложена двумя способами: либо по ортодромии, либо по лохсодромии.

Ортодромия - это дуга большого круга, являющаяся кратчайшим расстоянием между двумя точками на земной поверхности.

Свойства ортодромии:

- кратчайшее расстояние между двумя точками на земной поверхности;

- пересекает меридианы под разными углами, вследствие схождения их к полюсам.

Путь самолёта, проложенный по ортодромии, называется ортодромическим. Полёт по ортодромии выполняется с помощью гироскопических компасов. Магнитные компасы использовать нельзя. Это создаёт неудобства в выдерживании направления полёта.

Локсодромия - это линия между двумя точками на земной поверхности, пересекающая меридианы под одинаковыми углами.

Свойства локсодромии:

- пересекает меридианы под одинаковыми углами;
- не является кратчайшим расстоянием между двумя точками на земной поверхности;
- полёт по локсодромии выполняется по магнитному компасу.

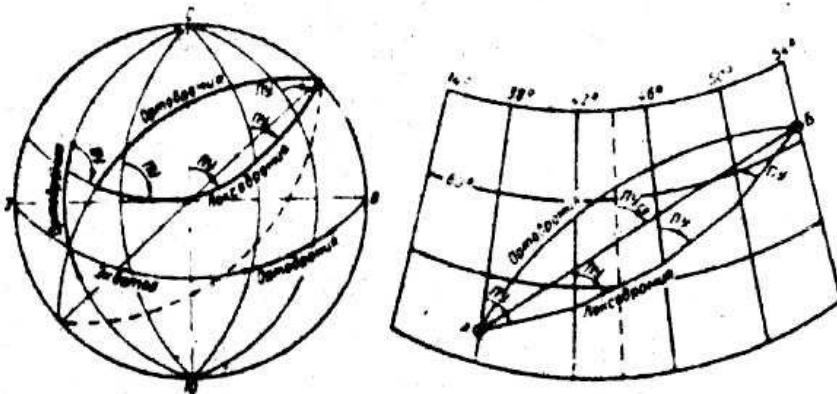


Рис. 7. Ортодромия и локсодромия.

При полётах на малые расстояния (до 1000 км) разница между локсодромией и ортодромией небольшая и ею пренебрегают. При разности долгот в 60° между двумя точками полёта и для случая полёта в средних широтах разница между локсодромией и ортодромией достигает уже порядка 100 км. В этом случае полёт выполняют по локсодромии.

На практике при полётах на большие расстояния маршрут полёта прокладывается в виде ортодромических отрезков. Отрезки прямых линий на карте выбираются с расчётом, что разность в путевых углах в начале отрезка и в конце не будет превышать 2° . В этом случае локсодромический и ортодромический пути будут совпадать. Разница между ними не превысит 250 м.

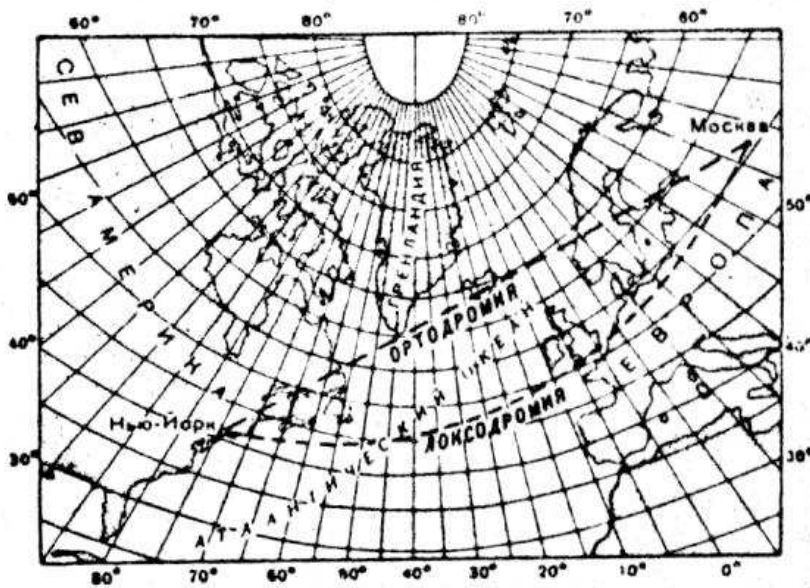


Рис. 8. Ортодромия и локсодромия между пунктами Москва - Нью-Йорк.

Линия положения самолёта - это геометрическое место точек возможного местонахождения самолёта на земной поверхности.

В практике самолётовождения используются основные линии положения:

- линия ортодромического полёта;
- линия равных радиопеленгов (радиодромия);
- линия равных расстояний (круг);
- линия равных разностей расстояний (гипербола).

4. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Основными единицами измерения времени являются год и сутки.

Год - это период обращения земли вокруг солнца. Отсчёт периода обращения земли вокруг солнца осуществляется двумя последовательными прохождениями её через точку весеннего равноденствия (21 марта). Такой год называется тропическим и равен 365 суткам 5 часам 48 минутам 41,6 секундам. Для удобства тропический год считают равным 365 суткам и 6 часам. Чтобы год был округлён, сутками стали считать три года по 365 дней и четвёртый год 366 дней, который стали называть високосным.

Сутки - это период обращения земли вокруг своей оси. Отсчёт периода обращения земли вокруг своей оси осуществляют либо по звёздам, либо по солнцу.

Звёздные сутки - это период между двумя верхними кульминациями звезды. Звёздные сутки составляют 23 часа 56 минут 4 секунды. Звёздными сутками пользоваться неудобно, так как деятельность человека происходит днём. Поэтому отсчёт периода обращения земли вокруг своей оси осуществляют по солнцу.

Среднесолнечные сутки - это промежуток времени между двумя нижними кульминациями среднего солнца (12 часов ночи). Отсчёт осуществляется по среднему солнцу, т.е. по условному равномерно движущемуся по эклиптике Солнцу. Дело в том, что Солнце по своей эклиптике движется неравномерно и точно определить сутки не представляется возможным. Среднесолнечные сутки ещё называются гражданскими.

Гринвичское, поясное, местное время.

В авиалесоохранных работах лётчик-наблюдатель должен знать гринвичское, поясное и местное время. Уметь определять и переводить одно время в другое, так как при заполнении заявки на патрульный полёт указывается, как правило, время по Гринвичу; записи в бою-

товом журнале он ведёт по поясному времени, а определяет момент наступления темноты и рассвета аэродрома взлёта и посадки по местному времени.

Местное время "Тм" - это среднесуточное время, измеренное относительно меридиана наблюдателя. Пользоваться местным временем в повседневной жизни неудобно, так как люди постоянно перемещаются на земной поверхности в своей практической деятельности. Кроме того, усложняется деятельность человека на определённой территории. Поэтому, для удобства введено поясное время.

Поясное время "Тп" - это местное время среднего меридиана пояса шириною в 15° . Суть поясного времени заключается в следующем: весь земной шар разбит на 24 часовых пояса по 15° в каждом часовом поясе по долготе. Каждый часовой пояс имеет свой номер от 0 до 23. Отсчёт ведётся с запада на восток. За нулевой часовой пояс принят пояс, средний меридиан которого является нулевым (гринвичским).

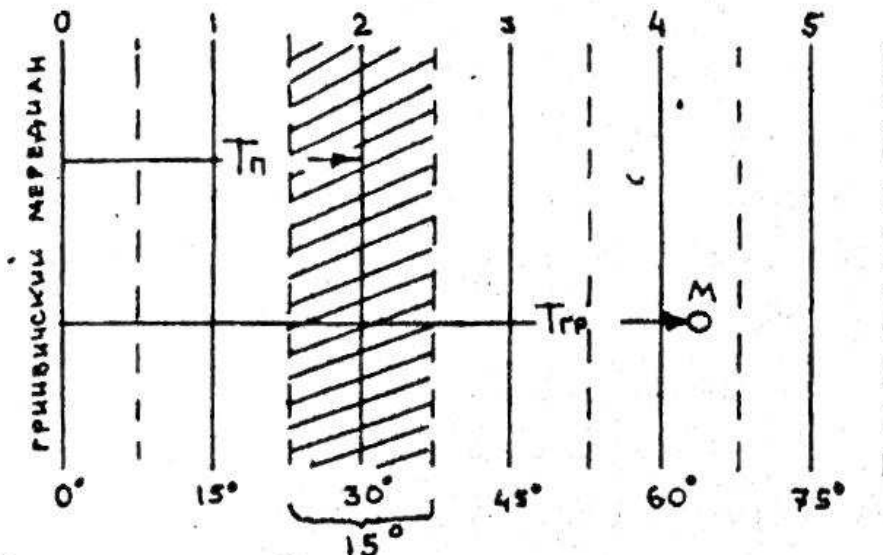


Рис. 9. Часовые пояса. Гринвичское, поясное и местное время.

На территории каждого часового пояса одно время - поясное. Часовые пояса не всегда ограничиваются меридианами. В отдельных случаях границы часовых поясов проходят по границам государств, областей республик. В общем случае, границы часовых поясов устанавливаются соответствующими постановлениями правительств каждого государ-

ства.

В мировой практике требуется приведение времени к одному меридиану отсчёта. Таким меридианом считают гринвичский и время для каждой точки земли, отсчитанное от гринвичского меридиана, стали называть гринвичским.

Гринвичское время "Тгр" - это местное время, отсчитанное от гринвичского (нулевого) меридиана.

Местное, поясное и гринвичское время находятся во взаимной связи, которая выражается:

$$T_m = T_p - N + \lambda_{\text{час}}$$

$$T_p = T_{\text{гр}} + N$$

где: $\lambda_{\text{час}}$ - долгота места, выраженная во времени,
 N - номер часового пояса.

В жизни нашей страны часто пользуются Московским временем. Московское время "Тмос" - это время среднего меридиана второго часового пояса ($\lambda = 30^\circ$). Учтя московское время, можно написать зависимость с тремя известными временами: T_m , T_p , $T_{\text{гр}}$.

$$T_p = T_{\text{гр}} + N$$

$$T_m = T_{\text{мос}} - 2 + \lambda_{\text{час}}$$

где: $T_{\text{мос}}$ - московское время,

$\lambda_{\text{час}}$ - долгота пояса, выраженная во времени,

N - номер часового пояса.

Перевод долготы в градусах во время.

Земной шар разбит на 24 пояса, полный оборот земли происходит за 24 часа. За это время земной шар повернется на 360°, следовательно:

- за 1 час земля повернется на 15° ($\Delta\lambda = 15^\circ$);
- за 4 минуты земля повернется на 1° ($\Delta\lambda = 1^\circ$);
- за 1 минуту земля повернется на $15'$ ($\Delta\lambda = 15'$);
- за 4 секунды земля повернется на $1'$ ($\Delta\lambda = 1'$).

Этой зависимостью надо пользоваться при решении задач по определению времени и его переводе.

Надо отметить, что решениями правительств государств устанавливается летнее и зимнее время в экономических целях. Для этого к поясному времени вводится соответствующая поправка.

Расчёт моментов наступления темноты и рассвета.

В практике самолётовождения и полётов, вообще, большое значение имеет знание времени наступления рассвета и темноты, так как это время является границей условий полёта самолёта (день, ночь).

Время наступления рассвета и темноты определяется по специальным графикам. Причём, график даёт это время применительно к Московскому, которое необходимо затем перевести в поясное места полётов или местное по существующим формулам.

В авиации наступление темноты определяется моментом, когда солнце зашло за горизонт на 12° , а рассвет - моментом, когда солнце не дошло до горизонта на 12° .

Линия смены дат - это условнопроведённая линия, проходящая примерно по меридиану 180° . По международному соглашению новая дата начинается на западной стороне линии. При пересечении линии в западном направлении к наступающему числу суток прибавляют единицу и наоборот.

День и ночь - часы суток между заходами и восходами солнца.

Сумерки - промежуток времени от момента наступления рассвета до момента восхода солнца, и от момента захода солнца до момента темноты.

Сумерки бывают утренние и вечерние, гражданские и навигационные. Гражданские сумерки считаются, когда солнце находится за горизонтом 6° . Навигационные сумерки считаются, когда солнце находится за горизонтом 12° .

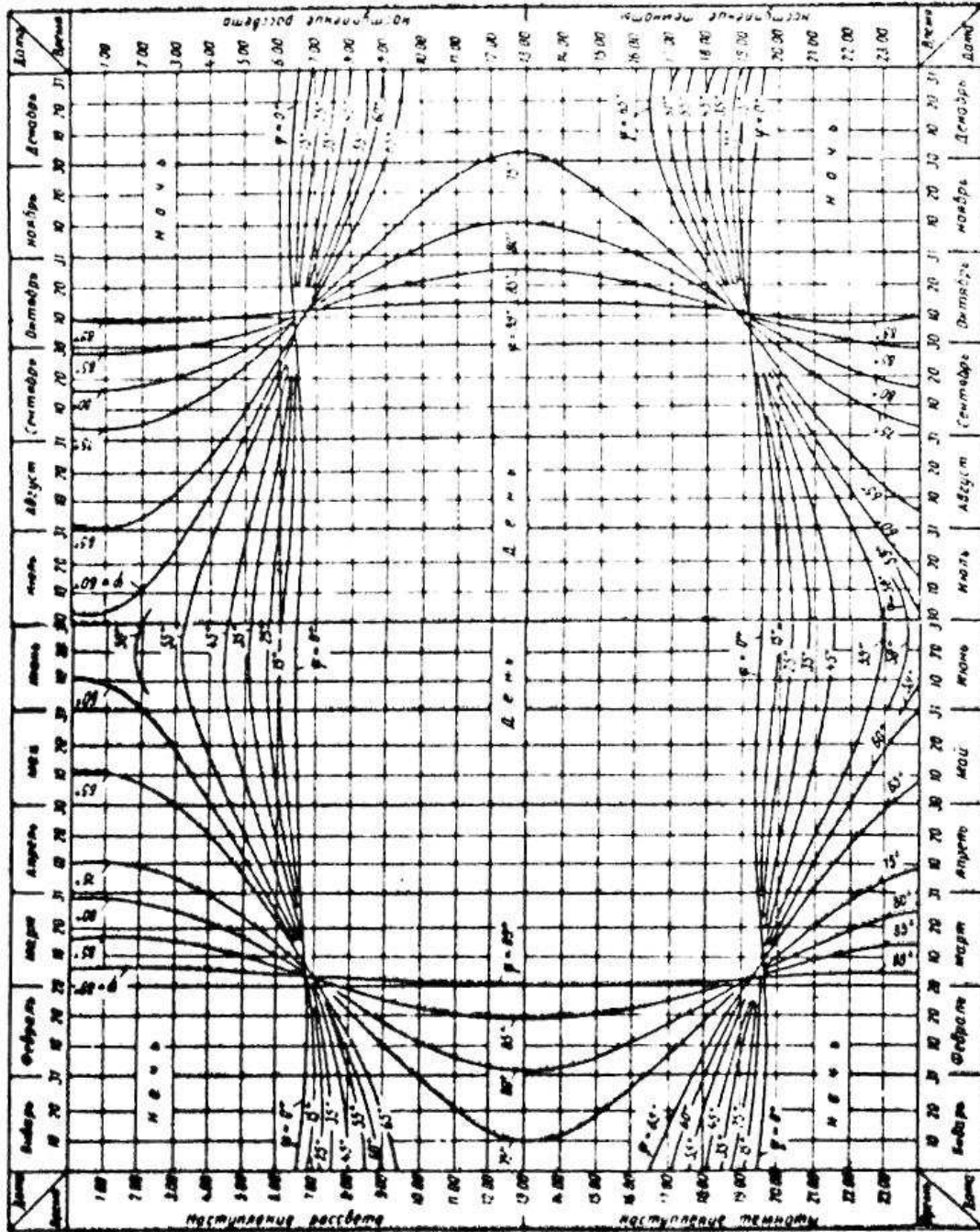


Рис. 10. График наступления рассвета и темноты.

Служба времени.

Имеет целью своевременно информировать людей о точном времени. Информация осуществляется в государственном масштабе по радио, телевидению путём подачи сигналов точного времени.

На аэродромах информацию о точном времени осуществляют метеостанции, у которых имеется хронометр. Каждый летнаб должен сверять показания наручных часов, а также бортовых, установленных на самолёте, с сигналами точного времени.

5. КАРТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АВИАЦИИ.

5.1. Назначение карт.

Топографические карты играют исключительно важное значение в авиации. Любой полёт без полётной карты в авиации запрещён. Полётная карта также является одним из документов самолётовождения. Лётный состав должен уметь готовить карту и пользоваться ею как на земле, так и в полёте.

С помощью полётной карты осуществляется:

- визуальная ориентировка;
- контроль пути самолёта;
- определение навигационных элементов в полёте;
- прокладка линий положения самолёта и определение его местоположения.

5.2. План и карта.

План - это уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости.

Свойства плана:

- отсутствует градусная сетка меридианов и параллелей;
- равномасштабность во всех направлениях;

- большая подробность деталей местности и передача очертаний предметов без искажения;
- изображается небольшой участок местности радиусом 10-15км.

Карта - графическое изображение земной поверхности на плоскости.

Свойства карты:

- имеется градусная сетка параллелей и меридианов;
- изображается большой участок местности;
- имеет место искажения длин углов и площадей;
- объекты земной поверхности изображаются условными знаками.

5.3. Масштаб карты.

Перенос участка земной поверхности, которая имеет сферическую форму, на плоскость осуществляется по определённому математическому закону, причём изображается земля на плоскости всегда меньше действительных размеров. Для удобства, землю на плоскости изображают в различной степени уменьшенной.

Масштаб карты - степень уменьшения линий на карте по отношению линий на земле.

Технология изготовления карт включает операции:

- уменьшение земного шара до размеров глобуса нужного масштаба;
- перенос глобуса на лист бумаги каким-либо способом.

Степень уменьшения земного шара до размеров глобуса называется **главным масштабом**.

В силу того, что глобус или его часть невозможно без искажений перенести на плоскость, то в каждой точке карты будут иметь место искажения, что повлечёт и изменение масштаба.

Таким образом, карта имеет **частный масштаб**.

Частный масштаб - это масштаб каждой точки карты.

По способу изображения масштабы бывают численными и линейными.

ми. Численный масштаб - это дробь, числитель которой является единицей, а знаменатель - число, показывающее во сколько раз действительные расстояния на земле уменьшены при нанесении их на карту. Например - $1 : 500\ 000$. Чем крупнее масштаб, тем меньше знаменатель.

Линейный масштаб - прямая линия деления на равные отрезки, обозначенные числами, показывающими каким расстоянием на земле они соответствуют. Линейный масштаб - это, по существу, численный масштаб, изображенный графически.

На полётной карте на нижнем её обрезе наносится главный масштаб как численный, так и линейный.

5.4. Сущность картографических проекций и их классификация.

Картографическая проекция - это способ изображения земной поверхности на плоскости.

Сущность любой картографической проекции состоит в том, что вначале земной шар уменьшается до размеров глобуса заданного масштаба, а затем уже глобус по намеченному способу переносится на плоскость (лист бумаги).

Как уже говорилось, поверхность глобуса невозможно без искажений перенести на плоскость. Поэтому при переносе земли глобуса на плоскость имеют место искажения как длин, так и направлений и площадей.

На практике имеется много различных проекций, которые отличаются характером искажений на карте при их применении. По характеру искажений картографические проекции делятся на :

- равноугольные (неискажённые углы);
- равнопромежуточные (неискажённые расстояния);
- равновеликие (неискажённые площади);
- произвольные (всё искажено).

Равноугольные проекции не искажают углы, сохраняют подобие не-

больших фигур. Карты в этой проекции широко применяются в авиации.

Равнопромежуточные проекции сохраняют только неискажёнными расстояния по меридианам и параллелям.

Равновеликие проекции сохраняют равенство площадей.

Произвольные проекции не сохраняют ни одно из указанных свойств.

По способу построения на карте параллелей и меридианов все картографические проекции делятся на:

- конические;
- поликонические;
- азимутальные;
- цилиндрические;
- специальные.

В основу этого деления положено использование при проектировании вспомогательной геометрической поверхности. Так при конической проекции глобус (его поверхность) проектируется на стенки конуса, одетого на глобус.

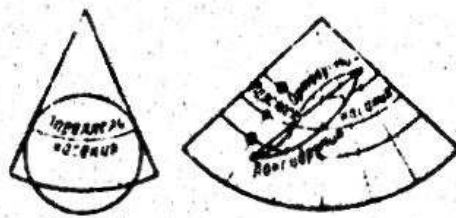


Рис. 11. Коническая проекция.

При поликонической проекции поверхность глобуса проектируется на несколько конусов.

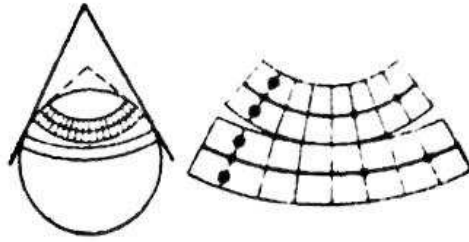


Рис. 12. Поликоническая проекция.

При цилиндрической проекции поверхность глобуса проектируется на стенку цилиндра, который одевается на глобус.

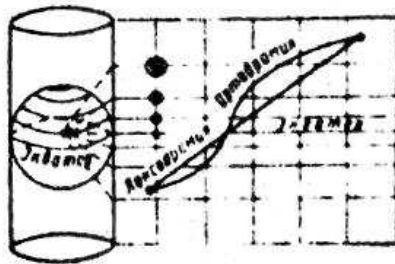


Рис. 13. Цилиндрическая проекция.

Причём, в зависимости от целей карт, цилиндр одевается под различными углами относительно оси вращения земли.

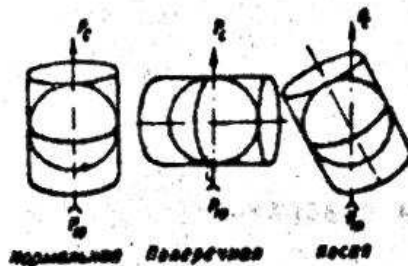


Рис. 14. Варианты цилиндрической проекции.

Каждая вспомогательная геометрическая поверхность может либо касаться глобуса, либо сечь его, что влияет на характер и величину искажений.

Наиболее широкое применение в авиации получили карты, изготовленные в видоизменённой поликонической проекции или её ещё называют международной проекцией.

5.5. Видоизменённая поликоническая (международная) проекция.

В 1909 году на конференции в Лондоне была принята в качестве основной проекции для изготовления карт масштаба $1 : 1\,000\,000$ - видоизменённая поликоническая.

Сущность проекции заключается в следующем: вся земля делится на пояса шириной в 4° ; эти пояса переносятся на боковые поверхности (стенки) конусов, секущих земной шар по заданным параллелям; перенос местности происходит отдельными сферическими поверхностями размером 4° по широте и 6° по долготе.

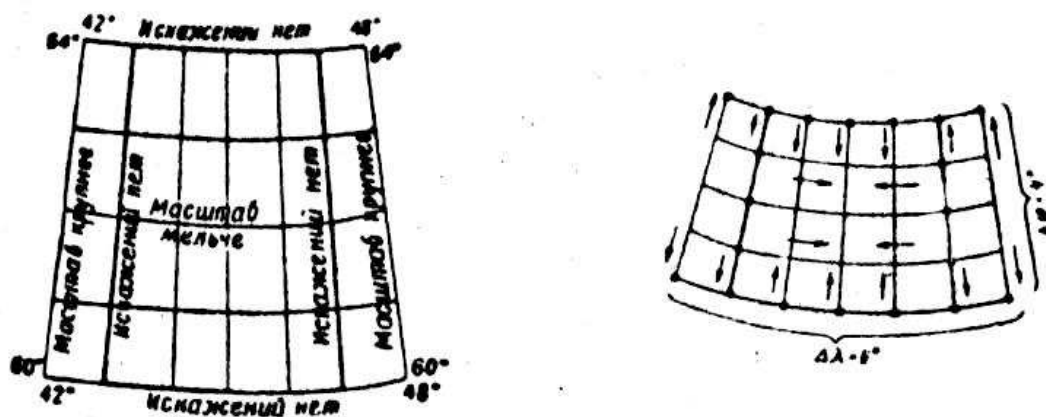


Рис 15. Построение сетки координат и распределение искажений на картах международной проекции.

Свойства карт международной проекции:

- меридианы - прямые линии, сходящиеся к полюсу;

$$\delta = \sin \varphi_0 (\lambda_2 - \lambda_1)$$

- параллели являются дугами концентрических окружностей;

- по характеру искажений проекция является произвольной, но искажения настолько незначительны, что проекцию считают равноугольной и равновеликой; искажениями пренебрегают;

- ортодромия на этих картах является прямой линией длиной до 1000 км;

- локсодромия выглядит кривой, выпуклой к экватору: в этой проекции издаются карты масштабов:

1 : 1000000, 1 : 2000000, 1 : 4000000 .

5.6. Разграфка и номенклатура карт.

Для удобства в пользовании карта (общая) делится на отдельные листы по определённому правилу, а для обеспечения отыскания нужных листов их соответствующим образом обозначают. Система деления карты на отдельные листы называется разграфкой, а система обозначения листов карты называется номенклатурой.

В практике применяются две разграфки: международная и прямоугольная.

Международная разграфка и номенклатура карт.

Она выполнена следующим образом. Вся поверхность земного шара от экватора к северу и югу до широты 88° делится на 22 пояса шириной в 4° . Каждый пояс обозначается латинской буквой. Далее поверхность земного шара делится на 60 колонок шириной в 6° по долготу и обозначаются арабскими цифрами. Счёт ведётся от меридиана 180° с запада на восток. В результате такого деления получается лист карты размером по широте 4° и по долготу 6° . Таким образом, разграфка на основная карта масштаба 1 : 1000000.

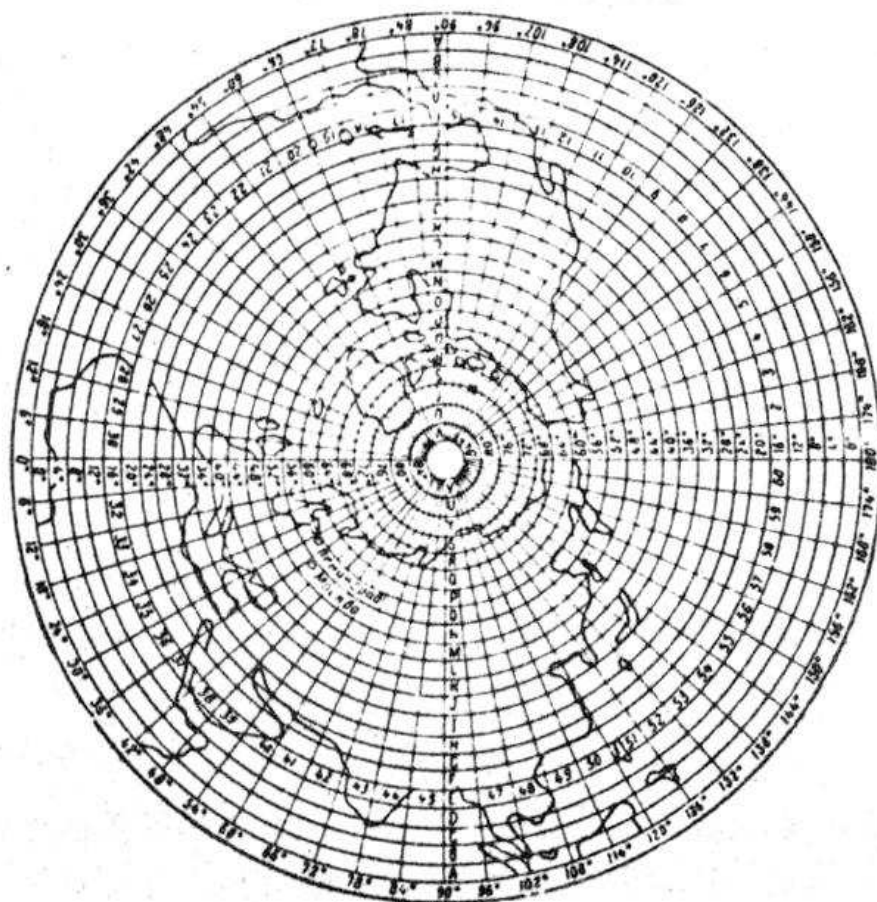


Рис. 16. Международная разграфка и номенклатура карты масштаба
1 : 1000000.

Разграфка и номенклатура карт масштаба: 1 : 500000,
1 : 200000, 1 : 100000.

В основу разграфки и номенклатуры карт масштаба 1 : 500000,
1 : 200000, 1 : 100000 взят основной лист карты масштаба 1 : 1000000,
которая в соответствии с выбранным масштабом делится на части. Так
карта масштаба 1 : 500000 получается путём деления основного листа
1 : 1000000 на четыре части. Полученные листы карты 1 : 500000 обо-
значаются заглавными буквами А, Б, В, Г. Если взять лист Москвы
масштаба 1 : 1000000, то он обозначен согласно международной раз-
графки N - 37 (пояс - N , колонка - 37), то лист пятикилометров-

ки, будет обозначен из этого листа N-37-Б.

Таким способом получают карты масштабов $1 : 200000$ и $1 : 100000$. В этом случае лист карты масштаба $1 : 1000000$ делится соответственно на 36 и 144 листа и обозначается в первом случае римскими цифрами, а во втором - арабскими. Для Московского листа N-37 номенклатура листов $1 : 200000$ и $1 : 100000$ будет иметь вид N-37-XVIII и N-37-144.

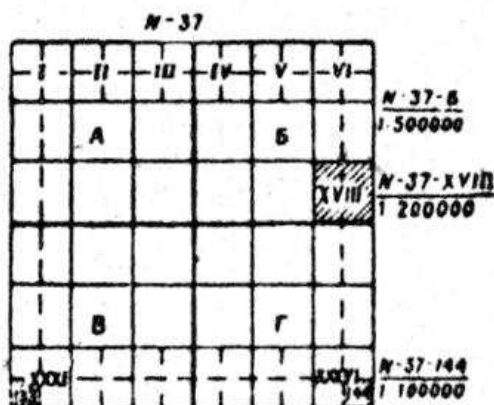


Рис. 17. Разграфка и номенклатура карт масштабов $1 : 500000$, $1 : 200000$, $1 : 100000$ в листе миллионки.

Карты масштаба $1 : 300000$ получают путём деления основного листа карты масштаба $1 : 1000000$ на 9 частей. Полученные листы карты обозначаются римскими цифрами и номенклатура будет иметь вид VI-N-37.

Карты масштаба $1 : 50000$, $1 : 25000$ и $1 : 10000$ получают путём деления на четыре части соответственно листов $1 : 100000$, $1 : 50000$ и $1 : 25000$ и обозначаются: N-37-144-Б, N-37-144-Б-г, N-37-144-Б-г-2.

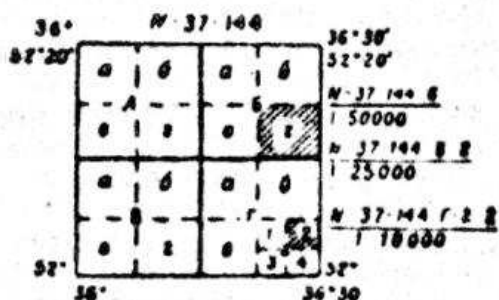


Рис. 18. Разграфка и номенклатура карт масштабов: $1 : 50000$, $1 : 25000$, $1 : 10000$.

Прямоугольная разграфка.

При этой разграфке общая карта делится на листы, имеющие форму прямоугольника. Рамки такого листа не совпадают с меридианами и параллелями.

5.7. Сборные таблицы.

Предназначены для подбора необходимых листов карт и определения их номенклатуры. Сборные таблицы представляют собой схематическую карту мелкого масштаба с обозначенной на ней разграфкой и номенклатурой листов одного или несколько масштабов карт. Сборные таблицы издаются на отдельных листах.

5.8. Содержание карт.

Содержание карт - это степень отражения топографических элементов на ней.

На карты, при их составлении, наносятся только те элементы, которые необходимы при пользовании ею. На авиационные карты наносятся: гидрографические объекты (моря, озёра, реки ...), крупные населённые пункты, дорожная сеть, изогоны, магнитные аномалии.

Изображение на карте элементов местности осуществляется условными знаками, которые делятся на:

- контурные;
- внемасштабные;
- линейные;
- пояснительные;
- знаки, изображающие рельеф.

Контурные знаки применяются для изображения таких элементов местности, как моря, озёра, болота, леса и т.п. Этими знаками передаются элементы земной поверхности в масштабе.

Внемасштабные знаки применяются для изображения элементов местности, которые не могут быть выражены в масштабе карты, такие

как мосты, аэродромы, трубы, вышки и т.п.

Линейные знаки применяются для изображения на карте рек, каналов, дорог и других линейных ориентиров.

Пояснительные знаки применяются для дополнительных характеристик элементов местности.

Большое значение для безопасности полётов играет знание рельефа местности. Возможность экипажа точно и своевременно определить его на карте обеспечивает безопасность полёта от столкновения самолёта с местностью или препятствиями на ней.

Рельеф местности на карте изображается различными способами:

- горизонталями;
- отметкой высот;
- отмывкой;
- гипсометрически.

Широко применяется на полётных картах при изображении рельефа местности способ - горизонталями. Данный способ позволяет определять абсолютные высоты и взаимные превышения точек местности, а также характер рельефа местности, т.е. крутизну скатов. Суть изображения местности на карте горизонталями заключается в следующем. Земная поверхность сечётся плоскостями (горизонталями), расположенными одна от другой на одинаковом (для данного масштаба) расстоянии "h". Расстояние между следующими плоскостями называется высотой сечения. Линия, полученная в результате сечения плоскости с земной поверхностью, называется горизонталью. Она, по-существу, соединяет точки поверхности земли, расположенные на одной высоте. Эти горизонтали и проводятся на карте.

За начало отсчёта высоты рельефа местности в России принят уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока).

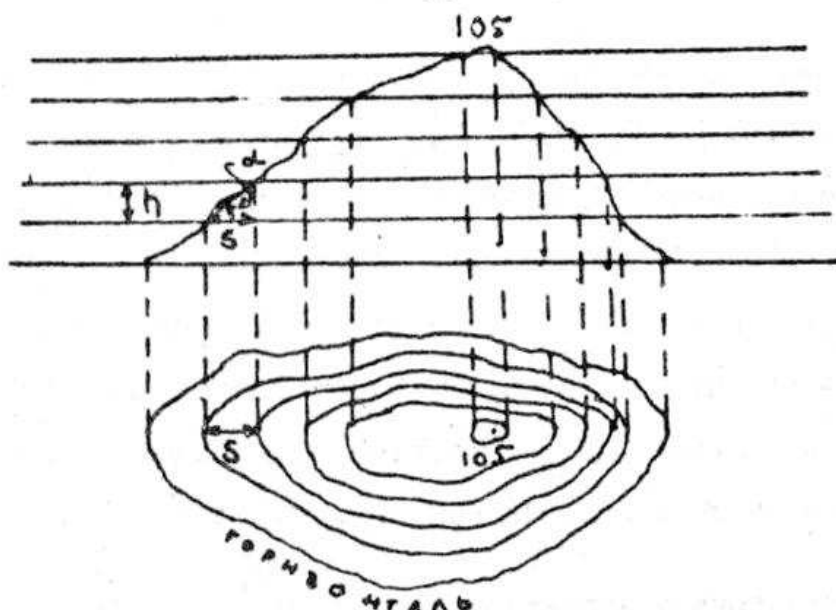
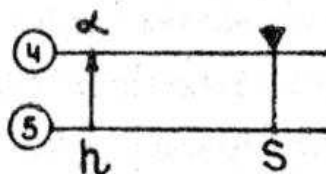


Рис. 19. Изображение рельефа местности на карте горизонталями.
Где: h - высота сечения, S - заложение.

Зная высоту сечения и величину заложения, можно вычислить крутизну ската " α " по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{S}$$

Значение " α " можно определить по линейке НЛ-10м, используя ключ:



или с помощью шкалы, помещённой на нижней обрезке карты крупного масштаба.

Общая высота сечения для данного масштаба карты указывается на нижней обрезке карты. Основные горизонтали проводятся сплошной линией, на которые наносятся цифры, указывающие высоту над уровнем моря. Для более подробного изображения рельефа местности помимо сплошных горизонталей проводятся ещё и вспомогательные, которые изображаются пунктирной линией. По густоте горизонталей можно судить о характере рельефа, а по цифровым отметкам - об абсолютных высотах и взаимном превышении местности.

Абсолютные высоты рельефа местности на картах обозначаются цифрами, а для визуальной контрастности применяют отмывку. Таким образом, на полётных картах рельеф местности изображается тремя способами одновременно: горизонталями, отметкой высот, отмывкой.

Гипсометрический способ - это послойная окраска различными цветами разных высот местности. Например, от светло-жёлтого до тёмно-коричневого. Каждому цвету соответствует определённая высота. Шкала тонов наносится на нижнем обрезе карты.

5.9. Классификация и характеристика карт, применяемых в авиации.

По своему назначению карты, применяемые в авиации, делятся на: полётные, бортовые, специальные и патрульные. На борту самолёта экипаж обязан иметь полётную и бортовую карты, а при авиалесоохранных полётах и патрульную.

Полётные карты предназначены для полёта по маршруту района полётов. Они используются для прокладки маршрута, расчёта полёта, ведения визуальной ориентировки, определения навигационных элементов. Для самолётов 1, 2 и 3 классов в качестве полётных карт применяются карты масштаба $1 : 2000000$, охватывающие район не менее 200 км по обе стороны от заданного маршрута.

Для самолётов 4 класса и вертолётов всех классов - карты масштаба $1 : 1000000$, охватывающие район по обе стороны от заданного маршрута не менее 100 км.

В зависимости от характера полётов в качестве полётных карт могут применяться и карты более крупного масштаба. Так для авиалесоохранных работ применяется полётная карта масштаба $1 : 500000$.

Бортовые карты предназначены для восстановления ориентировки, обхода опасных явлений погоды, а также полёта на запасной аэродром и использования РТС для определения места самолёта.

Для самолётов 1, 2 и 3 классов в качестве бортовой карты используется карта масштаба 1 : 2000000, охватывающая район по обе стороны заданного маршрута не менее, чем 1500 км для 1 и 2 класса и 700 км для 3 класса. При необходимости в качестве бортовой карты может использоваться карта масштаба 1 : 4000000.

Для самолётов 4 класса и вертолётных всех классов в качестве бортовой карты используется карта масштаба 1 : 2000000, охватывающая район по обе стороны заданного маршрута не менее 400 км.

На бортовую карту наносятся:

- основные маршруты полёта и ухода на запасной аэродром;
- радиотехнические средства в виде условных обозначений;
- азимутальные круги и секторы с центрами в местах размещения радиотехнических средств;
- величины магнитных склонений по маршруту и меридианах установки РТС.

Специальные карты предназначены для использования в целях самолётного радиомаяков, гиперболических систем, а также использования как справочных материалов: часовых поясов, магнитных склонений и др. В качестве специальных карт используются карты масштаба 1 : 4000000.

В качестве патрульной карты применяется карта масштаба : 1 : 300000, 1 : 200000, 1 : 100000. Она предназначена для точного определения места лесного пожара, его характеристик и методов борьбы с ним.

Переход с полётной карты на патрульную осуществляется по характерному ориентиру, опознанному на обеих картах.

На патрульную карту наносятся:

- кварталная сеть;
- границы лесхозов и лесничеств с обозначением их названий;
- места расположения пунктов приёма донесений о лесном пожаре,
- и другая нагрузка согласно Инструкции по авиационной охране лесов.

5.10. Подбор и склеивание карт.

Подбор необходимых листов карт проводится по сборным таблицам. Подбор необходимых листов производится в соответствии с полученным заданием. Листы полётной карты подбираются так, чтобы они охватывали район полётов в полосе по обе стороны заданного маршрута согласно установленным требованиям.

На сборной таблице тонким карандашом проводится заданный маршрут полёта и отмечают необходимую ширину полосы как для полётной карты, так и для бортовой. Затем выписывают номенклатуру листов, через которые проходит нанесённая полоса. После подбора, таким образом, необходимых листов карт, осуществляют их склеивание.

Экипаж к полёту должен подготовить две карты - полётную и бортовую.

Карты склеиваются следующим образом: северные листы наклеиваются на южные, а западные на восточные. Для этого, соответственно обрываются южные и восточные обрезы наклеиваемых карт.

При склеивании листов карт рекомендуется сначала склеить колонки, а затем колонки склеить между собой. Склеивая листы между собой, необходимо следить, чтобы точно совмещались меридианы, линейные ориентиры. После склейки карты её складывают так, чтобы удобно было пользоваться. Для этого определяют полосу, подгибают края карты, а затем полученную полосу складывают в "гармошку".

5.11. Работа с картой.

Определение координат пункта по карте.

Для определения координат пункта по карте, необходимо через этот пункт провести отрезки прямых линий, параллельно меридиану и параллели и в точках пересечения их с обрезами карты прочитать долготу и широту.

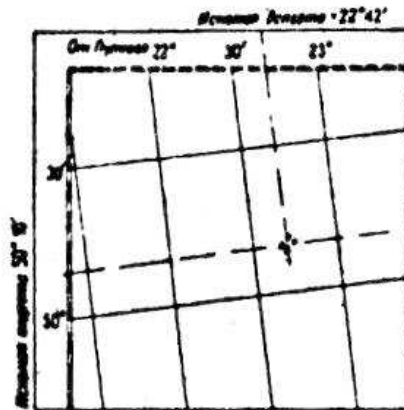


Рис. 20. Определение координат пункта по карте.

Нахождение точек на карте по их координатам.

Для этого необходимо на обрезе карты отметить точками широту и долготу заданной точки. Затем провести карандашом линии, параллельно меридиану и параллели через заданные координаты. Точка пересечения этих линий и будет искомая точка на карте по заданным координатам.

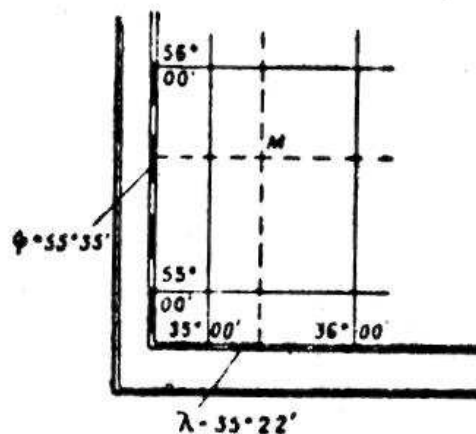


Рис. 21. Нахождение точек на карте по их координатам.

Измерение расстояний на карте.

На современных полётных картах искажения столь незначительны, что ими пренебрегают. Поэтому, при измерении расстояний на карте пользуются только линейным масштабом.

Расстояние на карте измеряется с помощью линейки, на которой имеется миллиметровая шкала. Применяется также и масштабная линейка, на которой уже нанесены шкалы с учётом масштаба карт. Чтобы измерить расстояние между двумя точками на карте, необходимо наложить линейку так, чтобы нуль шкалы располагался в одной точке, а против другой точки прочесть расстояние в сантиметрах (до его долей), затем полученное значение умножить на масштаб карты. При наличии масштабной линейки прочесть по ней уже готовый результат расстояния.

Измерение направлений на карте.

Направления на полётной карте измеряются относительно северного направления меридиана. На карте можно измерить азимут (пеленг), а также путевой угол (ПУ).

Для измерения пеленга ориентира поступают следующим образом:

- а) провести меридиан через точку наблюдателя;
- б) соединить эту точку с ориентиром;
- в) наложить транспортир так, чтобы его шкала 0° - 180° совпала с меридианом;
- г) прочесть значение пеленга в месте пересечения линии направления на ориентир со шкалой транспортира.

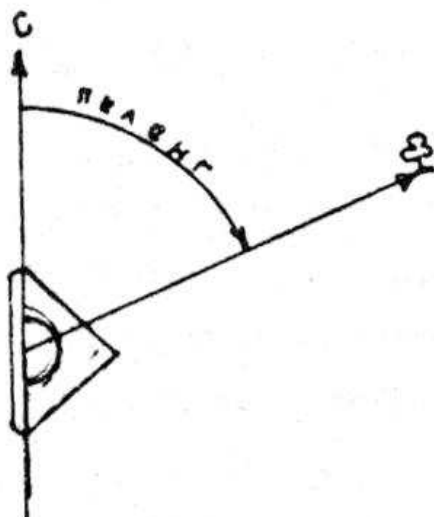


Рис. 22. Измерение пеленга ориентира.

Для измерения путевого угла необходимо:

- а) соединить прямой линией заданные пункты полёта,
- б) направить прямой угол транспортира в сторону полёта, наложив его на середину пути шкалой 0° - 180° параллельно ближайшему меридиану;
- в) прочесть значение путевого угла по шкале транспортира в месте её пересечения с линией пути.

Если прямой угол транспортира направлен на восток, то путевые углы имеют значения 0° - 180° , если на запад, то - 180° - 360° .

Путевые углы измеряются на средних участках маршрута, потому что меридианы сходятся к полюсам, а не параллельны друг другу, в силу чего в начале пути и в конце его путевые углы будут различными. Чтобы уменьшить их разность и производят измерения путевых углов от среднего меридиана. Маршрут выбирают такой длины, чтобы угол схождения меридианов в начале и в конце маршрута не превышал 2° - 3° .

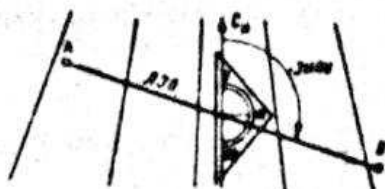


Рис. 23. Измерение путевого угла на карте.

6. ОСНОВНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

6.1. Основные линии и точки маршрута.

Полёт любого воздушного судна между пунктами (точками) на земной поверхности задается линией, которая проходит через эти пункты (точки). Такая линия, заданная основными пунктами (точками) на земной поверхности, через которые должен пролететь самолёт, называется маршрутом.

Маршрут выбирается с таким расчётом, чтобы удовлетворялись условия:

- наименьшая продолжительность полёта;
- надёжность ведения ориентировки;
- благоприятный рельеф местности, метеорологические условия;
- наличие запасных аэродромов;
- исключение захода в опасные зоны и зоны с особым режимом полёта;
- соответствие тактико-техническим возможностям самолёта;
- цель полёта.

Рассмотрим основные точки маршрута. К ним относятся: ИПМ, ППМ, КО, КПМ.

ИПМ - исходный пункт маршрута - это точка, в которой начинается маршрут полёта. Как правило, является характерным ориентиром в районе аэродрома взлёта.

ППМ - поворотный пункт маршрута - это точка (пункт), над которой происходит изменение направления полёта.

КО - контрольный ориентир - это хорошо заметный на земной поверхности объект, который может быть использован для определения местоположения самолёта.

КПМ - конечный пункт маршрута - это точка в районе аэродрома, в которой заканчивается маршрут полёта.

3.2. Прокладка маршрута на карте.

Маршрут полёта прокладывается на карте от ИПМ до КПМ карандашом черного цвета. Основные точки маршрута на карте обводятся кружками черного цвета размером 5–6 мм. Линия маршрута внутри круга не проводится. Участки маршрута между контрольными ориентирами и поворотными пунктами прокладываются прямой линией (отрезок ортодромии) при соблюдении её длины в зависимости от угла схождения меридианов и широты места. Между точками маршрута линия пути делает разрыв, в котором отмечается расстояние (числитель) и время полёта (знаменатель). Справа от линии пути проставляется магнитнопутевой угол (МПУ) со знаком градуса и стрелкой, показывающей направление полёта (красным цветом). На свободном месте внутри маршрута наносится кружок, внутри которого показывается значение магнитного склонения со знаком "+" или "-" и знаком градуса (красным цветом).

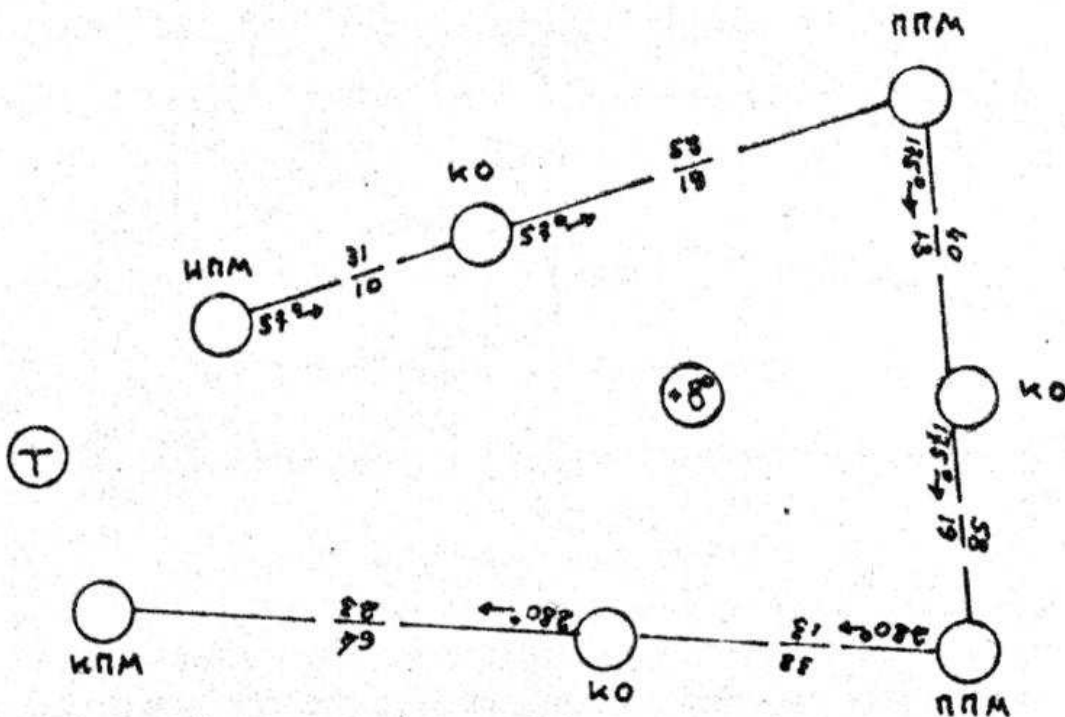


Рис. 24. Прокладка маршрута на карте.

6.3. Траектория, линия пути, профиль полёта.

Полёт воздушного судна по заданному маршруту осуществляется в воздушном пространстве по линии, называемой траекторией.

Проекция траектории полёта на земную поверхность даёт линию пути. Линия пути может быть заданной или фактической.

ЛЗП - линия заданного пути - это линия, по которой экипаж должен провести воздушное судно.

ЛФП - линия фактического пути - это линия, по которой экипаж провел воздушное судно.

Маршрут полёта включает в себя линию заданного пути. Основной задачей экипажа и должно быть, чтобы линия фактического пути совпала с линией заданного пути. В этом случае полёт воздушного судна будет проходить по заданному маршруту.

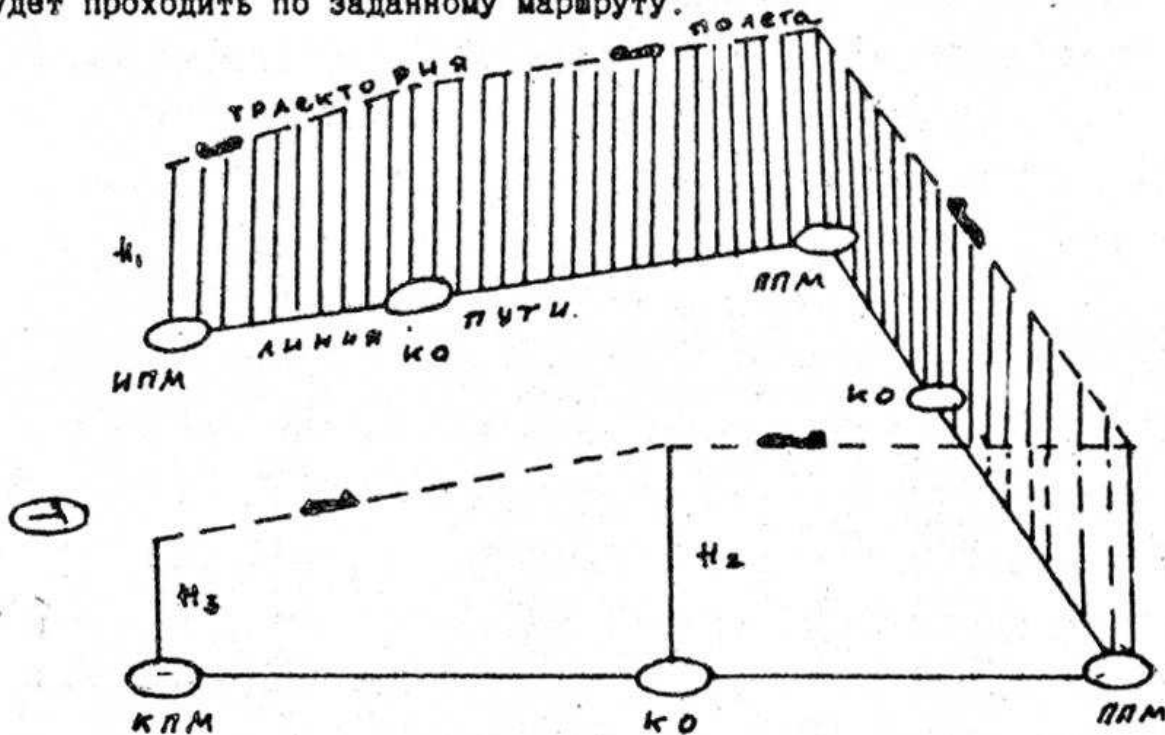


Рис. 25. Траектория, линия пути и профиль полёта.

Траектория полёта самолёта характеризуется высотой и направлением. Проекция траектории полёта самолёта на вертикальную плоскость называется профилем полёта.

Профиль полёта как и направление полёта (линия пути) имеют важное значение для самолётовождения. Если линия пути самолёта характеризует его движения в горизонтальной плоскости, т.е. в плоскости земной поверхности и даёт возможность экипажу определять местоположение самолёта на маршруте, в конечном счёте обеспечивая полёт по ней, то профиль полёта обеспечивает прежде всего безопасность полёта от столкновения воздушного судна с землей или препятствием на ней.





6.4. Место самолёта "МС".

Экипаж в процессе полёта периодически контролирует своё местонахождение на маршруте с тем, чтобы своевременно принять меры, если самолёт уклонится от маршрута.

Точка земной поверхности, над которой в данный момент находится самолёт, называется местом самолёта "МС".

Место самолёта также имеет важное значение в самолётовождении. Определяя "МС", экипаж осуществляет контроль за движением самолёта как по заданному маршруту, так и по времени.

На полётной карте место самолёта обозначается условными знаками:

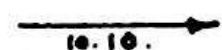

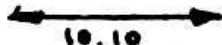
-  10.10 - "МС" определённое визуально;
-  10.10 - "МС" определённое счислением пути;
-  10.10 - "МС" сообщённое экипажу с земли;
-  10.10 - "МС" определённое с помощью РТС.



Линия положения - это совокупность точек вероятного местоположения воздушного судна.

Обычно линией положения является Каленг. На полётной карте линия положения обозначается условным знаком:

Рис. 26. Поле зрения экипажа в полёте.
 Рис. 27. Линия положения.

-  - линия положения от ориентира на воздушное судно;
-  - линия радиопеленга от РНТ на воздушное судно;
-  - астрономическая линия положения.

6.5. Навигационные элементы полёта.

Навигационными элементами полёта называются элементы, характеризующие скорость и направление полёта.

Рассмотрим динамику полёта самолёта по линии пути.

Для полёта самолёта из пункта "А" в пункт "Б" на земной поверхности необходимо:

1. Задать самолёту направление полёта, равное ПУ - путевому углу;

2. Задать самолёту скорость V , соответствующую его техническим характеристикам.

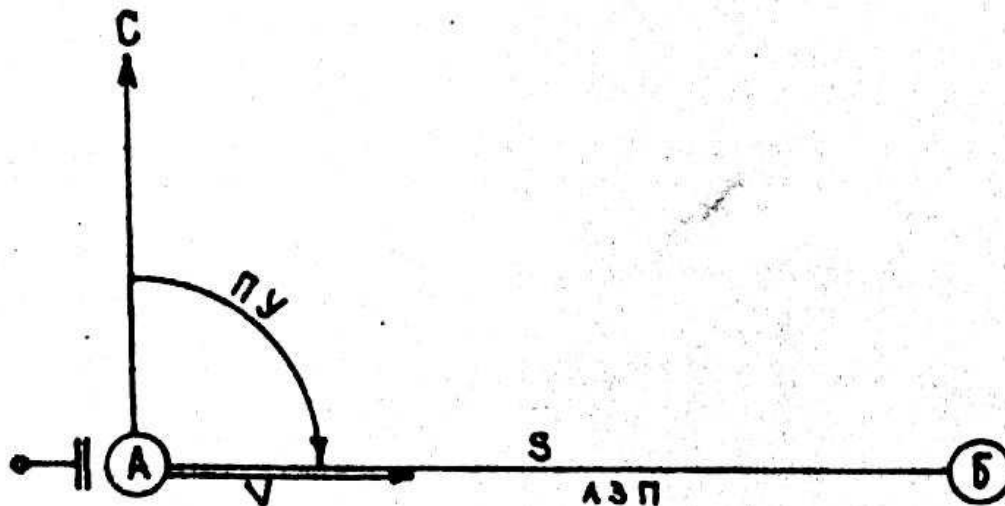


Рис. 26. Полёт самолёта без учёта влияния ветра.

Зная расстояние между пунктами А - В равное S и скорость полёта равную V , можно определить время полёта, которое будет равно:

$$t_n = \frac{S}{V}$$

Таким образом, вылетев из пункта "А" с путевым углом равным "ПУ" и скоростью равной "V", самолёт через время " t_n " прибудет в пункт "Б".

Собственно, таким образом, была бы решена основная задача самолётовождения, если бы на самолёт в процессе полёта не действовали дополнительные силы. Дело в том, что самолёт перемещается в процессе полёта в воздушном пространстве, а сама воздушная среда тоже перемещается вместе с самолётом относительно земной поверхности. И, если учесть влияние воздушных масс на полёт самолёта относительно земной поверхности, получаем:

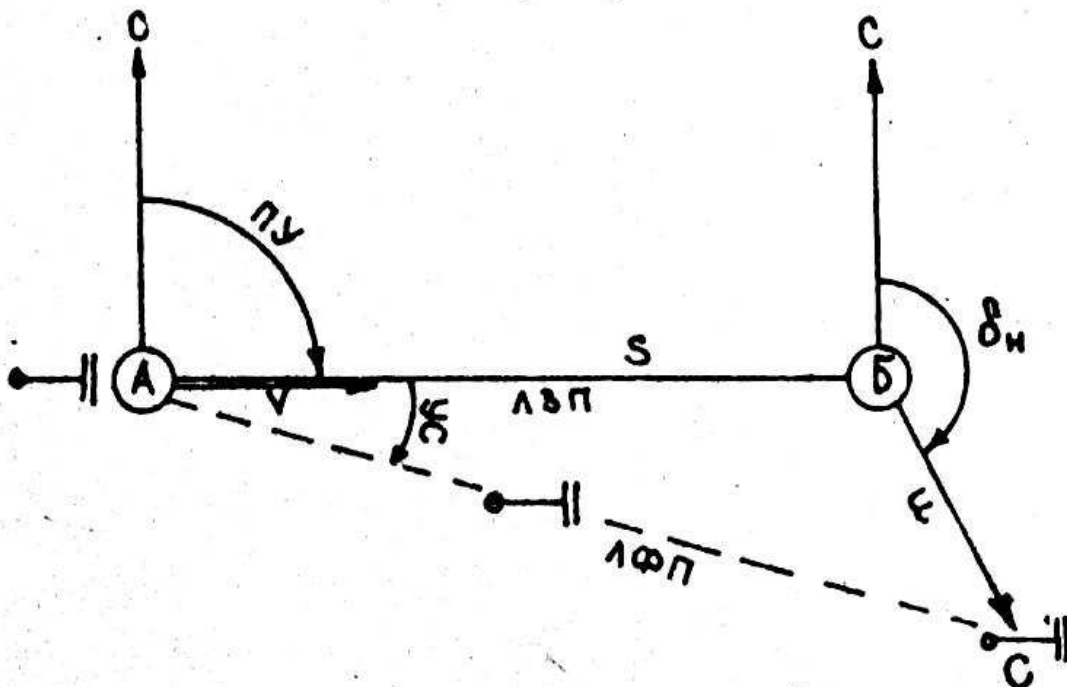


Рис. 27. Полёт самолёта с учётом влияния ветра.

Вылетев из пункта "А" с направлением равным "ПУ" и скоростью равной "V", самолёт по линии А - Б, по-видимому, не полетит, т.к на его путь будут влиять перемещающиеся в направлении " δ_n " и со скоростью "U" воздушные массы, т.е. ветер. Из рисунка видно, что под воздействием ветра самолёт будет перемещаться по линии А - С, т.е. уклонится от линии заданного пути. В данном случае линия

фактического пути будет отстоять в стороне на величину "УС".
Чтобы всё же выполнить полёт по линии заданного пути, необходимо

скомпенсировать влияние ветра. Это проще сделать, изменив направление полёта в точке "А" на величину "УС". Схема полёта в этом случае будет выглядеть:

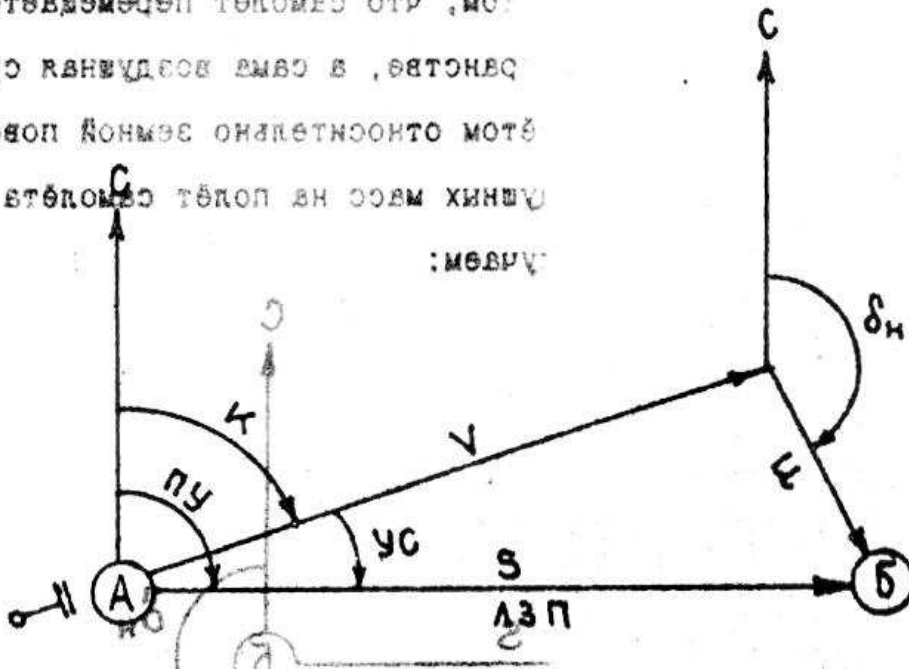


Рис. 28. Полёт самолёта по линии заданного пути с учётом влияния ветра.

Таким образом, для полёта по ЛЗП необходимо самолёту задать направление равное "К" и скорость "V".

6.6. Навигационный треугольник скоростей.

Треугольник, составленный вектором воздушной скорости "V", вектором путевой скорости "W" и вектором скорости ветра "U", называется навигационным треугольником скоростей.

Навигационный треугольник скоростей включает следующие навигационные элементы:

- путевой угол "ПУ";

- курс "К";

- угол сноса "УС";
- воздушную скорость "V";
- путевую скорость "W";
- ветер (направление δ_n и скорость U);
- угол ветра "УВ".

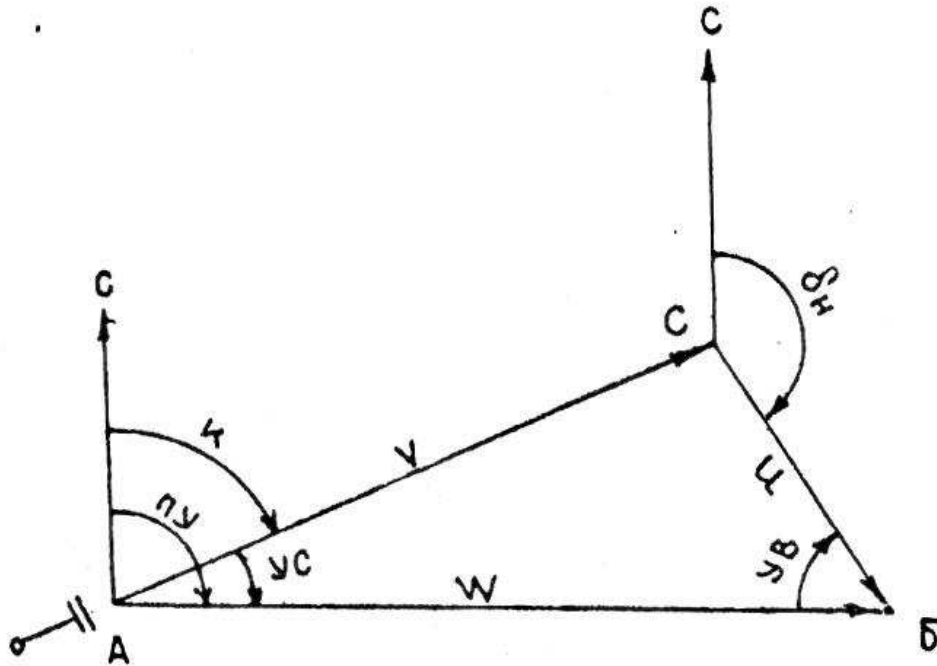


Рис. 29. Навигационный треугольник скоростей.

Воздушная скорость "V" - это скорость перемещения самолёта относительно воздушных масс.

Измеряется воздушная скорость в км/час и м/сек. Величина воздушной скорости зависит от тяги, развиваемой двигателями. Вектор воздушной скорости обычно совпадает с продольной осью самолёта.

В зависимости от режима работы двигателей, воздушная скорость бывает:

- максимальная;
- минимальная;
- наивыгоднейшая;
- максимальной продолжительности полёта;
- максимальной дальности полёта.

Путевая скорость "W" - это скорость перемещения самолёта относительно земной поверхности.

Путевая скорость также измеряется в км/час и м/сек и получается вследствие влияния ветра (движения воздушных масс) на движение самолёта. Путевая скорость равна в векторном виде:

$$\vec{W} = \vec{V} + \vec{U}$$

Ветер - это перемещение воздушных масс относительно земной поверхности. Он характеризуется скоростью и направлением.

Скорость ветра "U" - это скорость перемещения воздушных масс относительно земной поверхности. Измеряется в км/час и м/сек. Скорость ветра изменяется как по месту, так и по времени. С увеличением высоты скорость ветра увеличивается за счёт уменьшения тормозящего влияния поверхности земли.

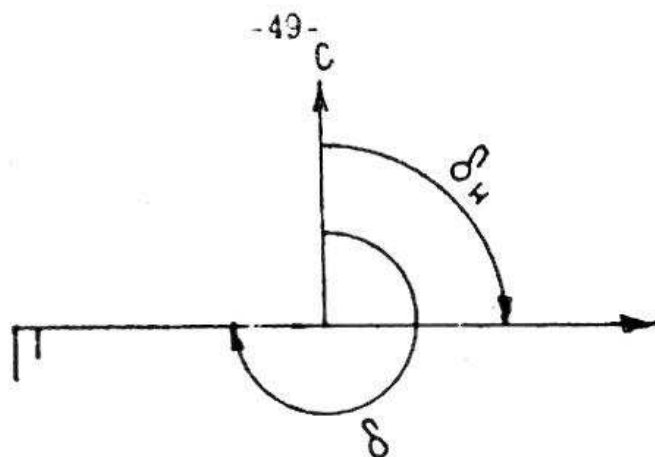
Направление ветра "δ" - это угол между северным направлением меридиана и направлением движения воздушных масс. Различают два направления ветра: метеорологическое "δ" и навигационное "δ_н".

Метеорологическое направление ветра "δ" - это угол, заключённый между северным направлением меридиана и направлением в точку, откуда дует ветер.

Навигационное направление ветра "δ_н" - это угол, заключённый между северным направлением меридиана и направлением в точку куда дует ветер.

Метеорологическое и навигационное направление ветра находятся во взаимной зависимости.

Разница между навигационным и метеорологическим направлением ветра составляет 180°:



$$\delta_n = \delta \pm 180^\circ$$

Рис. 30. Метеорологическое и навигационное направление ветра.

Курс "К" - это угол, заключённый между северным направлением меридиана и продольной осью самолёта (вектором воздушной скорости). Курс измеряется в градусах от 0° до 360° по часовой стрелке.

Угол сноса "УС" - это угол, заключённый между вектором воздушной скорости и вектором путевой скорости. Измеряется в градусах от 0° до 90° вправо и влево от вектора воздушной скорости и имеет соответственно знак "+" и "-".

Воздушная, путевая скорости, курс и угол сноса являются основными навигационными элементами.

Угол ветра "УВ" - это угол, заключённый между вектором путевой скорости и вектором скорости ветра. Измеряется от вектора путевой скорости в градусах от 0° до 360° по часовой стрелке.

Навигационные элементы полёта находятся во взаимной зависимости.

6.7. Основные задачи и общий порядок самолётовождения.

Основными задачами самолётовождения являются:

- точное выполнение полёта по установленному маршруту;

- обеспечение прибытия воздушного судна в пункт назначения в установленное время;

- обеспечение безопасности полёта.

Для успешного решения основных задач самолётовождения экипаж должен:

- знать местоположение воздушного судна в данный момент;

- знать в каком направлении необходимо продолжать полёт в дальнейшем;

- знать какую необходимо держать скорость, чтобы в установленное время прибыть в заданный пункт или аэродром посадки;

- знать какую необходимо держать высоту и профиль полёта.

Общий порядок самолётовождения.

Процесс самолётовождения складывается из отдельных составных частей (этапов), последовательное решение которых обеспечивает успешное выполнение полёта по маршруту в целом.

Этапы самолётовождения:

- взлёт;

- выход на ИПМ;

- выход на ЛЗП;

- контроль и исправление пути;

- выход на КПМ (ППМ);

- выход на аэродром посадки и производство посадки.

Задачей экипажа является определение радикальных способов самолётовождения, используя при этом те средства самолётовождения, которые наилучшим образом соответствуют в конкретных условиях полёта для решения задачи.

В общем виде общий порядок самолётовождения графически выглядит:

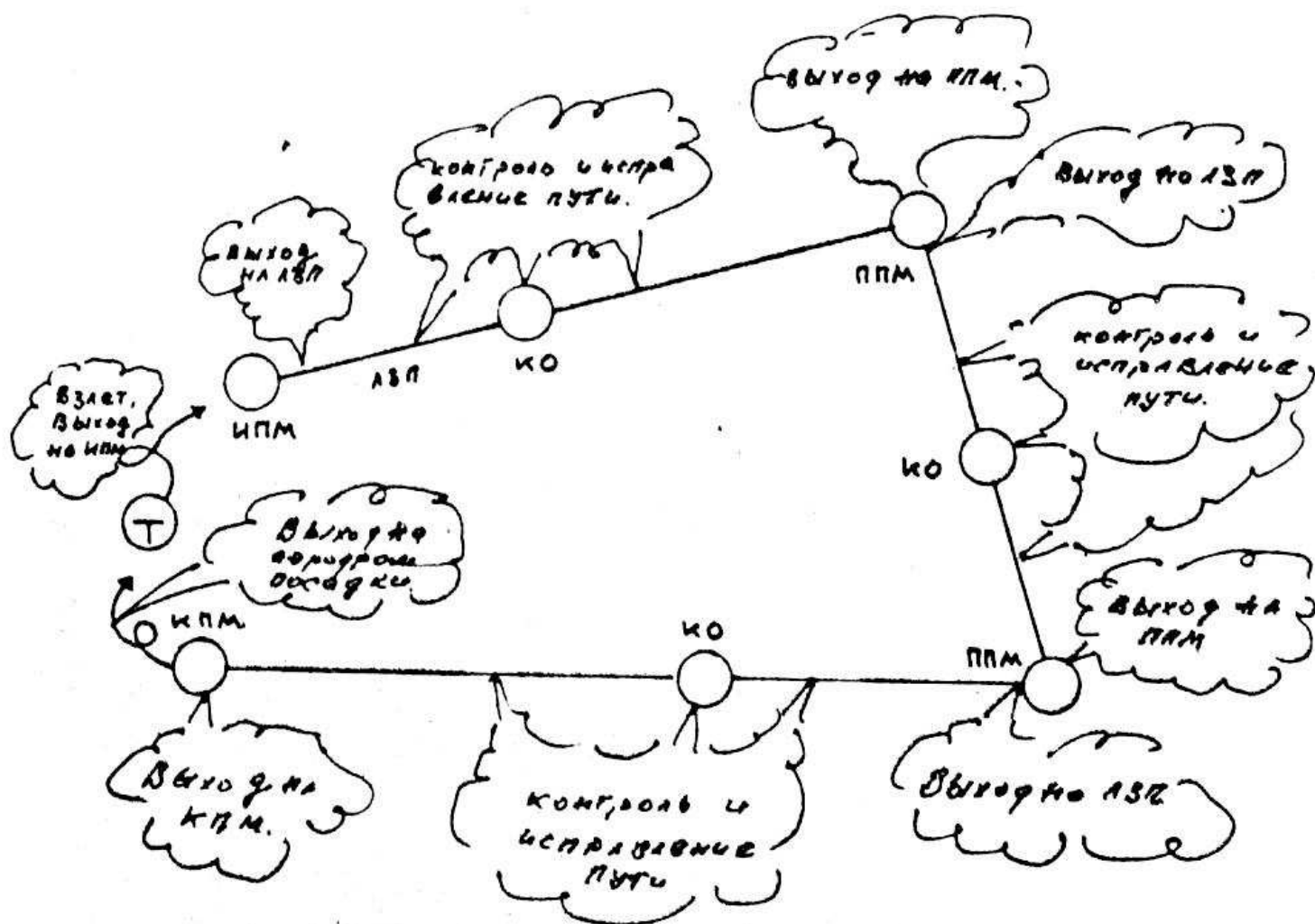


Рис. 31. Общий порядок самолётовождения.

6.8. Навигационная линейка НЛ-10м.

Назначение: предназначена для выполнения необходимых расчётов при подготовке к полёту и в полёте.

Устройство: является счётным инструментом и устроена по принципу логорифмической линейки.

Навигационная линейка НЛ-10м (Приложение I) состоит из:

- корпуса;
- движка;
- бегунка с визирной линией (визирки).

С помощью НЛ-10м решаются следующие задачи:

- определяются навигационные элементы полёта;
- учитываются методические ошибки барометрических высотомеров и указателей скоростей;
- определяется направление и скорость ветра;
- определяется значение тригонометрических функций углов, а также математические задачи.

Назначение шкал:

Шкала 1 - расстояний и скоростей.

Шкала 2 - времени.

Служат для определения пройденного расстояния, скорости, времени полёта а также умножения и деления чисел.

Шкала 1а - углов разворота.

Предназначена для определения времени разворота самолёта на заданный угол. Используется со шкалами 1 и 2.

Шкала 3 - синусов.

Шкала 4 - тангенсов.

Шкала 5 - расстояния, высоты и радиуса разворота.

Предназначены для определения тригонометрических функций углов, для выполнения действий с тригонометрическими функциями углов

Шкала 6 - дополнительная.

Используется совместно со шкалами 4 и 5 для определения радиуса разворота, извлечения квадратных корней чисел и возведения чисел в квадрат.

Шкала 7 - сумма температур.

Шкала 8 - исправленных высот.

Шкала 9 - высот по прибору.

Шкалы используются для расчёта методических ошибок при определении высоты полёта.

Шкала 10 - температура воздуха для $H > 12000$ м.

Шкала 11 - температура воздуха на высоте.

Шкала 12 - высота по прибору.

Шкала 13 - высота по прибору для КУС (комбинированный указатель скорости).

Шкала 14 - исправленных высот и скоростей.

Шкала 15 - высот и скоростей по прибору.

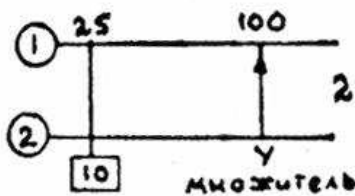
Шкалы используются для определения скоростей и высот полёта.

Шкала 16 - поправок к показателю температуры наружного воздуха типа ТУЭ (температурный указатель электрический).

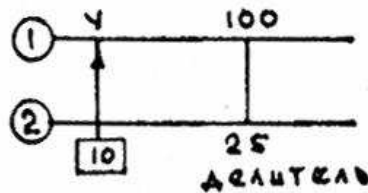
Шкала 17 - масштабная миллиметровая шкала для измерений расстояний на карте.

Решение арифметических задач на НЛ-10м.

а) Умножение и деление чисел.

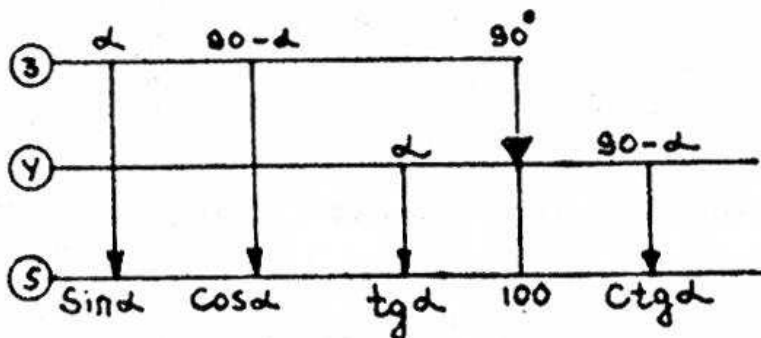


$$25 \times Y = 100$$

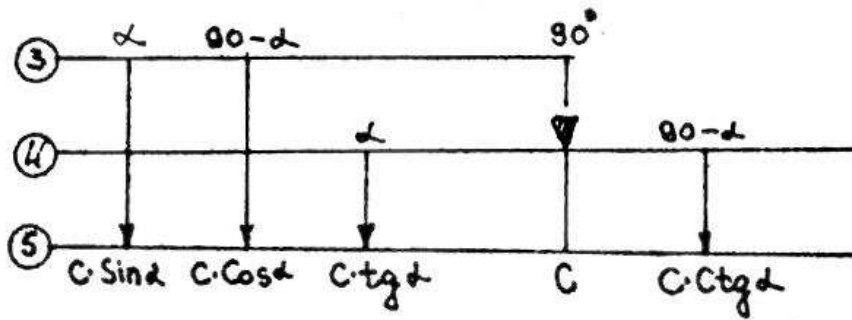


$$\frac{100}{25} = 4$$

б) Определение значений тригонометрических функций углов.

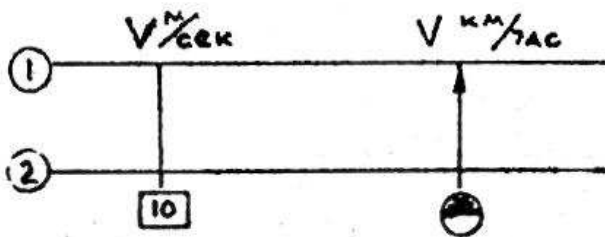


в) Умножение числа на значение тригонометрических функций углов.

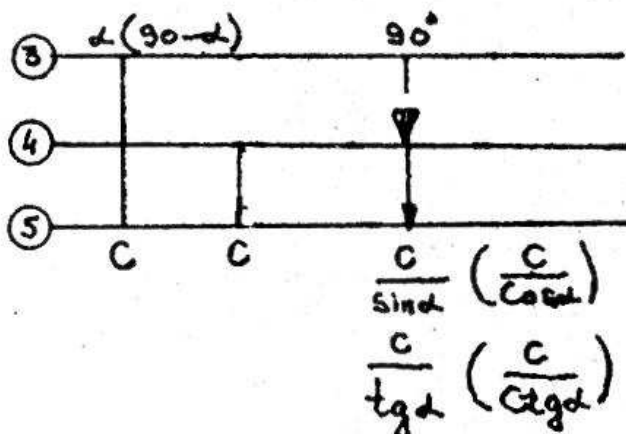


ГДЕ C - ЧИСЛО

г) Перевод скорости м/сек в км/час.

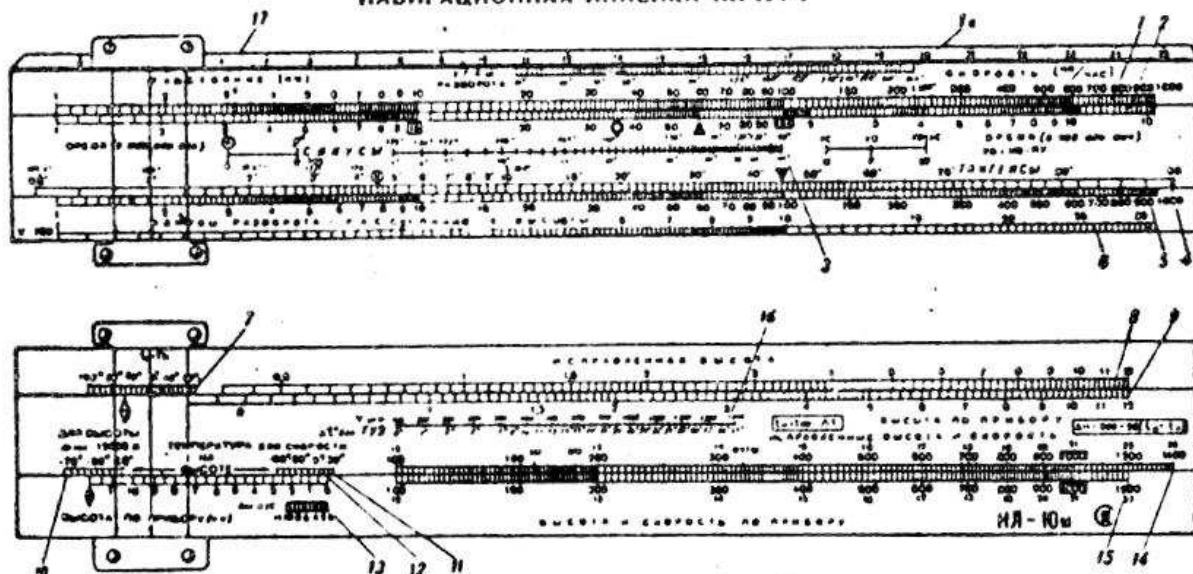


д) Деление числа "С"



Решение задач, связанных с самолётовождением, будут рассмотрены в последующих темах самолётовождения.

НАВИГАЦИОННАЯ ЛИНЕЙКА НЛ-10 М



№ шкала	Назначение (назначение) шкалы	Интервал шкалы	Цена делений по интервалу шкалы	
			меньшая	большая
1	Расстояние (км) — скорость (км/час)	1—1000 км (км/час)	0,1 км (км/час)	20 км (км/час)
2	Время (в мин. или сек.)	1 сек. — 16,6 мин.	1/8 сек.	0,5 мин.
	Время (в час. или мин.)	1 мин. — 16,6 часа	10 сек.	0,5 часа
3	Синусы	5—90° (90—175°)	1°	10°
4	Тангенсы	0,5—85°	10'	1°
5	Радиусы разворота — расстояния — высоты	1—1000 м (км)	0,1 м (км)	20 м (км)
6	Шкала квадратных корней	1—31,6	0,1	0,5
7	Сумма температур $t_0 + t_M$	От +90 до -120°	10°	10°
8	Исправленная высота	400—12 000 м	50 м	200 м
9	Высота по прибору	400—12 000 м	50 м	200 м
10	Температура на высоте для высоты более 11 000 м	От -30 до -75°	5°	5°
11	Температура на высоте для скорости	От +30 до -70°	10°	10°
12	Высота по прибору (км)	0—12 км	0,5 км	0,5 км
13	Высота по прибору (км) для КЭС	0—11 км	1 км	1 км
14	Исправленная высота и скорость	12—25 км 100—1400 км/час	20 м 3 км/час	200 м 20 км/час
15	Высота и скорость по прибору	12—23 км 100—1200 км/час	20 м 2 км/час	200 м 20 км/час
16	Шкала поправок к термометру Δt°	0—51°	1°	5°
17	Масштабная миллиметровая шкала	0—25 см	1 мм	1 мм

7. КАРМАННЫЙ КОМПЬЮТЕР ЛЕТЧИКА-НАБЛЮДАТЕЛЯ "ККЛН-97".

Назначение: предназначен для решения навигационных задач, задач по тушению лесных пожаров, а также ряда задач общего характера в соответствии со встроенными базовыми программами.

Устройство: представляет собой микро-компьютер со встроенными базовыми программами на английском языке и двумя прикладными программами по самолётовождению и тушению лесных пожаров на русском языке.

Конструктивно ККЛН-97 исполнен в форме "раскрывающейся книжки" и состоит из крышки и основания.

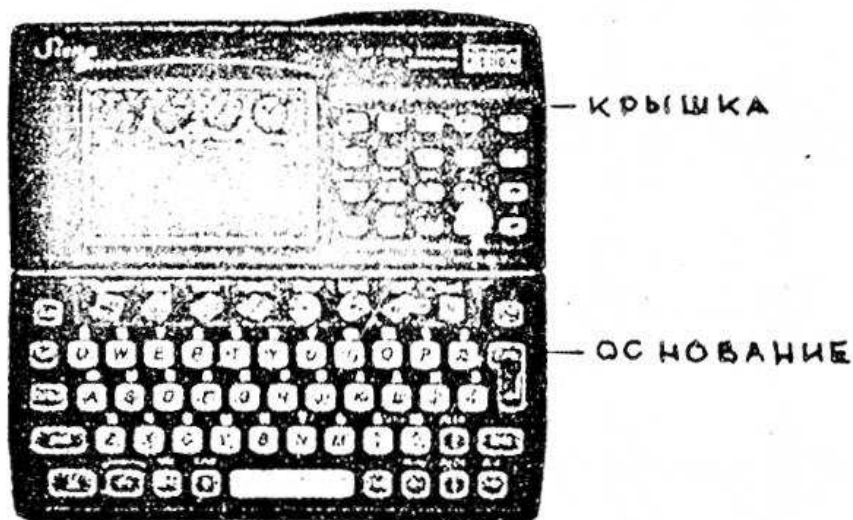


Рис. 32. Внутреннее содержание ККЛН-97.

Крышка

а) На внешней стороне крышки размещены:

- Батарейный отсек с гнездами, в которых размещены 2 батарейки типа ААА по 1,5 V каждая для основного питания и одна литиевая батарея типа CR 1620 напряжением 3V для резервного питания. Резервное питание необходимо для поддержания ККЛН-97 в рабочем состоянии на случай, когда сядут батареи основного питания и их необходимо заменить. Во всех случаях запрещена одновременная

замена батарей основного и резервного питания.

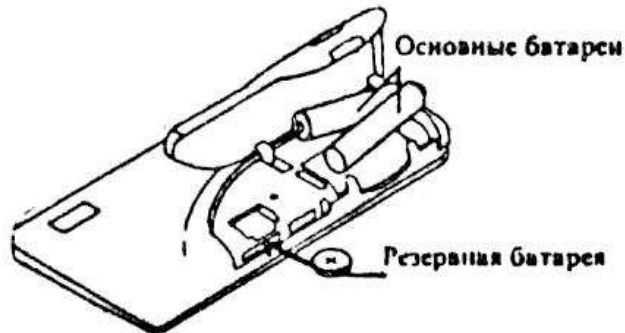


Рис. 33. Батарейный отсек.

- Кнопка открывания крышки.
- Кнопка открывания крышки батарейного отсека..



- Инфракрасный порт. Предназначен для передачи или записи информации с одного ККЛН-97 в другой ККЛН-97. Это происходит в случае, когда в компьютере по каким-либо причинам стёрта необходимая информация, которую можно восстановить, получив её от другого.

- Разъём для обмена информацией по интерфейсу, обеспечивает связь с другими компьютерами, модемами и принтерами, имеющими последовательную связь.



Рис. 34. Верхняя крышка.

б) На внутренней стороне крышки размещены:

- Жидкокристаллический экран размером 65x44 мм с регулируемой контрастностью свечения.
- Клавиатура цифр.
- Кнопка включения компьютера красного цвета с надписью "ON/CE".
- Кнопка выключения компьютера красного цвета с надписью "OFF".
- Две кнопки управления информационного порта:
 -  - на передачу информации
 -  - на приём информации.

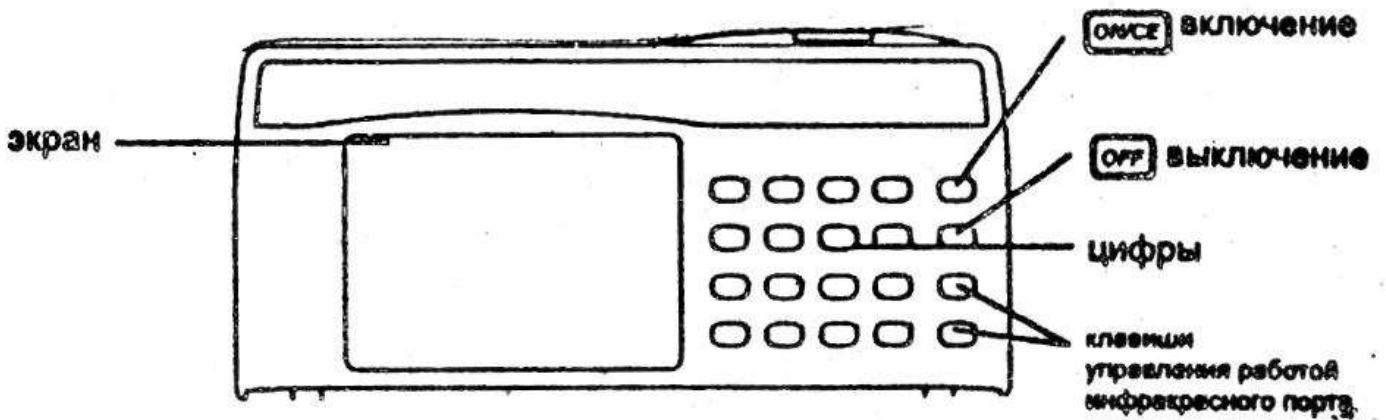


Рис. 35. Внутренняя часть верхней крышки.

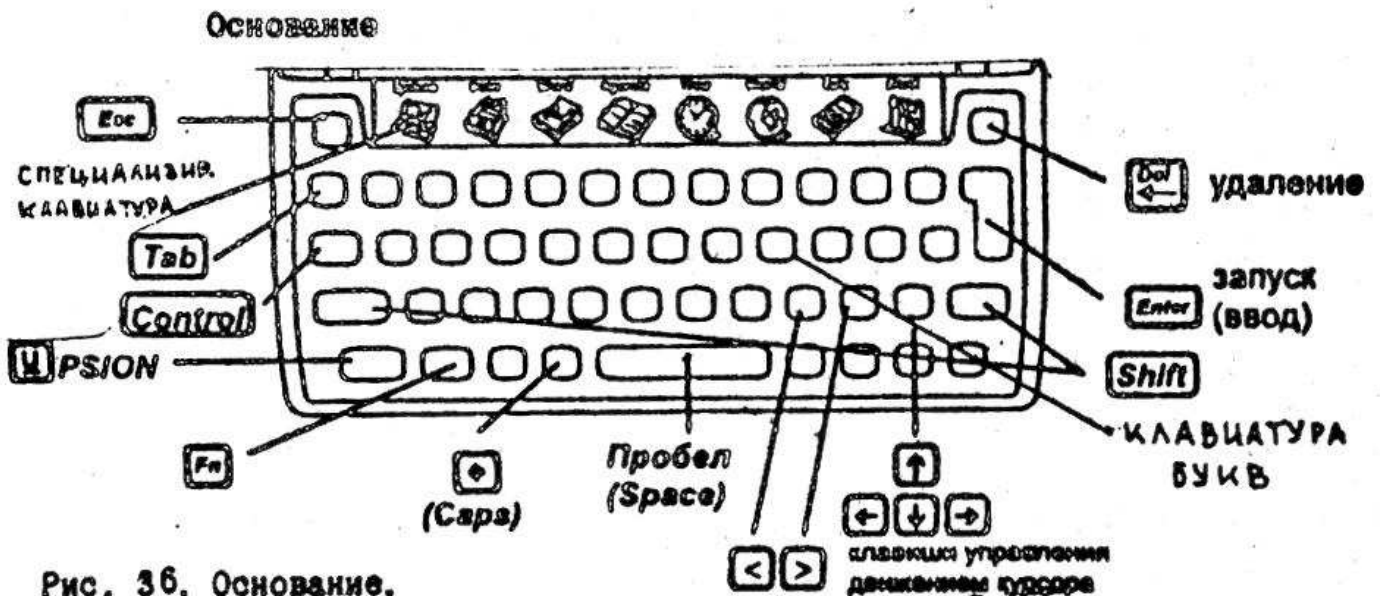


Рис. 36. Основание.

На основании размещено:

- а) Специализированная клавиатура. Она выполнена в виде восьми сенсорных клавиш. Эти клавиши включают встроенные базовые программы согласно символам, изображённых на них.
- б) Клавиатура букв с 32 клавишами серого цвета - это пишущая машинка и 16 чёрных клавиш - для управления компьютером. Все надписи на клавишах выполнены на английском языке. Рядом с клавишами для печатывания нанесён русский алфавит, который работает только для прикладных программ: "Навигационный расчёт" и "Пожар". Над некоторыми клавишами нанесены обозначения красного цвета. Нажав на такую клавишу получится эффект совместно нажатых клавиш "F_n" + этой нажатой клавиши.

Рассмотрим значения клавиш по управлению компьютером:

- клавиша "Shift" - включает верхний регистр для алфавитных клавиш. Клавишу надо держать нажатой. При использовании программ "Нав.расчёт" и "Пожар" - переключает алфавит с английского на русский и обратно;
- клавиша "F_n" + " " - включает верхний регистр; нажав обе ещё раз - возврат к нижнему регистру;
- клавиша "Ψ" (Psion) - применяется всегда совместно с другими клавишами для получения специальных эффектов;
- клавиша "Enter" - запускает программу на выполнение, осуществляет переход в меню более низкого уровня, а также просмотр информации на экране после выполнения расчётов;
- клавиша "ESC" - отказ от выбранной программы и возврат в текущее меню, возврат на предыдущий экран, возврат на повторение ввода данных;

- одновременное нажатие клавиш "⌘-X" - быстрый выход из решаемой задачи в меню более высокого уровня.
- клавиши "↑", "↓", "←", "→" - управляют перемещением курсора.
- одновременное нажатие клавиш "⌘-←" и "⌘-→" или "Home" и "End" (обозначены красным цветом) - перемещают курсор к началу или к концу строки;
- клавиша "Del" (V Delete) - уничтожает знак (цифру, букву, символ) слева от текущего текста или удаление набранного значения при вводе данных;
- совместное нажатие клавиш "Shift-Del" - уничтожает знак (цифру, букву, символ) справа от текущего текста;
- совместное нажатие клавиш "Shift-←" и "Shift-→" - запускает выделение текста, начиная с заданной позиции, "Shift-↑" и "Shift-↓" - обеспечивают выделение целых строк текста;
- клавиша "Menu" - вызов меню в задачах НРП (навигационный расчёт полёта) и работа с БДНТ (база данных навигационных точек);
- клавиша "Tab" - обеспечивает просмотр списка предлагаемых значений исходных данных; подтверждение выбранного значения и переход к следующему списку ввода данных.

Применение: что касается использования компьютера согласно встроенных программ, то в прилагаемой инструкции подробно описан порядок

работы в этом случае. Мы рассмотрим применение компьютера для целей самолётовождения и тушения лесных пожаров.

Рис. 37. Структурная схема решаемых задач по самолётовождению.

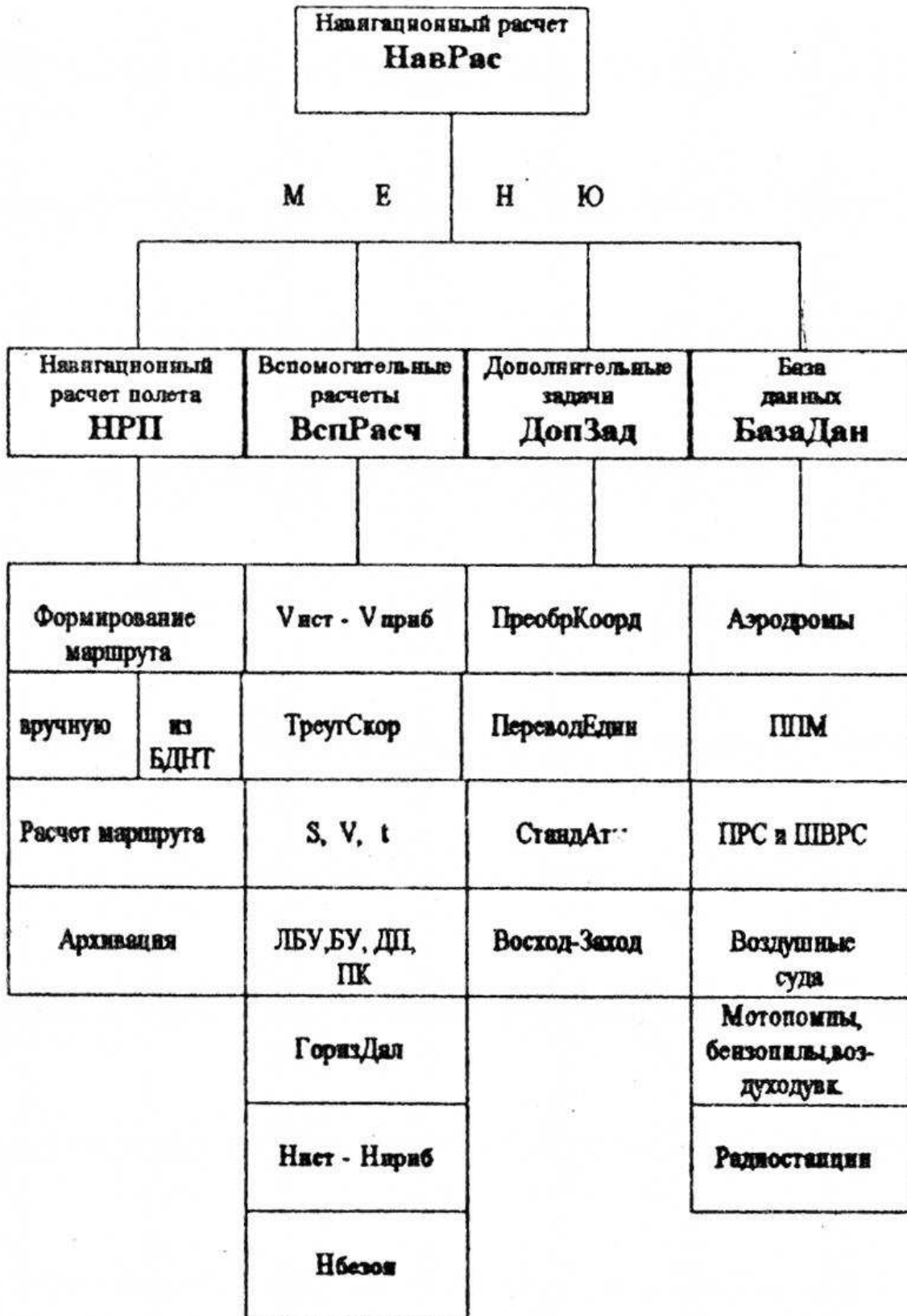




Рис. 38. Структурная схема решаемых задач по тушению лесных пожаров.

Порядок работы:

1. Открыть крышку компьютера и раскрыть его для удобства в работе. Для этого:

- нажать на кнопку открытия, при этом приоткроется крышка батарейного отсека открыв доступ к кнопке полного открытия крышки отсека батарей, инфракрасного порта и разъёма для обмена информацией по интерфейсу; крышка компьютера освободится от основания;
- развернуть крышку для удобства в работе.

2. Включить компьютер, для чего: нажать на красную клавишу "ON/ESC". На экране появятся пиктограммы встроенных и прикладных программ.

3. Если на экране нет прикладных пиктограмм "Навигационный расчёт" и "Пожар", то, используя клавиши "←" и "→", вывести их.

4. Нажать на клавишу "Enter" - на экране появится главное меню, предлагающее выбрать задачу для решения.

НРП	!	Всп. расчёт	!	Доп. задание	!	База данных
расчёт	⌘	M				
выход	⌘	X				

главное меню

курсор

Курсор имеет две строки: расчёт и выход. Справа от надписи указаны ключи для ввода путём нажатия одновременно клавиш "⌘-M" либо "⌘-X". Выбор строки курсора осуществляется клавишами "↑" и "↓". Выбранная строка отображается заливкой.

Главное меню предлагает:

- НРП - навигационный расчёт полёта (предварительный расчёт полёта);

- Всп. расчёт - комплекс задач по контролю и исправлению пути;
- Доп. задание - расчёт восхода и захода солнца, стандартной атмосферы, а также преобразование координат и перевод единиц;
- База данных - архив заложенных данных по: аэродромам, ППМ, ПРС и ШВРС, воздушным судам, мотопомпам, бензопилам, воздуходувам и радиостанциям.

5. Перемещая курсор клавишами " ← " и " → " выбрать по заголовкам главного меню требуемую позицию.

Компьютер готов для решения выбранного комплекса задач.

Для решения задач самолётоводения и тушения лесных пожаров принято следующее типовое использование клавиш:

- "Enter" - запуск программы, переход в меню более низкого уровня, просмотр задающей информации и результатов расчёта;
- "Esc" - отказ от выбранной позиции и возврат в текущее меню, возврат на предыдущий экран при вводе исходных данных, возврат на повторный ввод данных расчёта;
- одновременное нажатие " \surd " и клавиши с буквенным обозначением обеспечивает переход в выбранный пункт меню;
- одновременное нажатие клавиши " \surd " и " X " - обеспечивает быстрый выход из данного меню в меню более высокого уровня.
- клавиши " ↓ ", " ↑ ", " ← ", " → " - перемещают курсор по рабочему полю экрана;
- "Delete" (Del) - удаление набранного значения при вводе данных;
- "Menu" - вызов меню в задачах НРП, работа с БДНТ;
- "Shift", "Shift" - переключение клавиатуры с английского на русский шрифт и обратно.

Конкретное решение задач как по самолётоводению, так и тушению лесных пожаров, рассматривается в соответствующих темах и разделах дисциплины "Самолётоводение" и "Охрана лесов".

СОДЕРЖАНИЕ

1. Предмет самолётовождения	1
2. Краткий очерк развития самолётовождения	4
3. Основные географические понятия	8
3.1. Форма и размеры земли	8
3.2. Основные географические точки, линии и круги на земном шаре	9
3.3. Географические координаты	11
3.4. Длина дуги меридиана, экватора и параллели	12
3.5. Направление на земной поверхности	13
3.6. Линия пути и линия положения самолёта	14
4. Измерение времени	17
5. Карты, применяемые в авиации	22
5.1. Назначение карт	22
5.2. План и карта	22
5.3. Масштаб карты	23
5.4. Сущность картографических проекций и их классификация	24
5.5. Видоизменённая поликоническая (международная) проекция	27
5.6. Разграфка и номенклатура карт	28
5.7. Сборные таблицы	31
5.8. Содержание карт	31
5.9. Классификация и характеристика карт, применяемых в авиации	34
5.10. Подбор и склеивание карт	36
5.11. Работа с картой	36
6. Основные навигационные понятия и определения	40
6.1. Основные линии и точки маршрута	40
6.2. Прокладка маршрута на карте	41
6.3. Траектория, линия пути, профиль полёта	42
6.4. Место самолёта "МС"	43

6.5. Навигационные элементы полёта	44
6.6. Навигационный треугольник скоростей	46
6.7. Основные задачи и общий порядок самолётовождения	49
6.8. Навигационная линейка	51
Приложение I. Навигационная линейка НЛ-10м	55
7. Карманный компьютер лётчика-наблюдателя "ККЛН-97"	56

Владимир Данилович Бацановский

**С а м о л ё т о в о ж д е н и е
лётчика-наблюдателя авиационной охраны
лесов**

(Основы авиационной картографии)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Утверждено к печати *10.07.98 г.* . Формат 60 x 90 1/16.

Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 2,5 . Тираж 600 экз. Цена договорная.

Заказ *34.*

КМУ ГОУ ВИПКЛХ, Пушкино, Московской обл., 1998 г.