

М. И. Лебедев

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ

**Учебное пособие для летчиков и штурманов
гражданской, военно- транспортной
и стратегической авиации**

Часть I

Ставрополь
2003г

Содержание.

Раздел 1

Основы авиационной картографии.

Глава 1. Основные географические понятия

§1. Формы и размеры Земли.	8
§2. Основные географические точки, линии и круги на земном шаре.	8
§3. Географические координаты	9
§4. Длина дуги меридиана, экватора и параллели	10
§5. Направления на земной поверхности	10
§6. Ортодромия и локсодромия	11
§7. Навигационные системы координат.	13

Глава 2. Карты, применяемые в авиации.

§1. Общие сведения о карте и плане	14
§2. Сущность картографических проекций и их классификация	16
§3. Цилиндрические проекции	16
§4. Конические проекции	18
§5. Поликонические проекции	20
§6. Видоизмененная поликоническая (международная) проекция	20
§7. Азимутальные проекции	21
§8. Разграфка и номенклатура (обозначение) карт	22
§9. Содержание карт	24
§10. Классификация авиационных карт по назначению	26
§11. Сборные таблицы, подбор и склеивание необходимых листов карт	27
§12. Работа с картой	28

Раздел II

Навигационные элементы полета и их расчет.

Глава 3. Время и его измерение.

§1. Понятие о времени.	32
§2. Определение моментов наступления темноты и рассвета.	34
§3. Бортовые часы.	34

Глава 4. Курсы самолета.

§1. Земной магнетизм	36
§2. Девиация компаса и вариация	37
§3. Курсы самолета	37
§4. Путевые углы и способы их определения	38
§5. Пеленг и курсовой угол ориентира	39
§6. Списывание девиации магнитных компасов	39

Глава 5. Высота полета.

§1. Классификация высот полета от уровня измерения.	40
§2. Способы измерения высоты полета	41
§3. Ошибки барометрических высотомеров.	41
§4. Пересчет истинной высоты в приборную и обратно.	43

Глава 6. Скорость полета.	
§1. Приборная, воздушная и путевая скорости. Число М.	43
§2. Ошибки указателя воздушной скорости.	44
§3. Расчет истинной и приборной воздушной скорости по показанию однострелочного указателя скорости.	45
§4. Расчет истинной и приборной воздушной скорости в уме	46
§5. Расчет истинной воздушной скорости по показанию широкой стрелки комбинированного указателя скорости.	46
§6. Расчет истинной воздушной скорости по узкой стрелке КУС.	47
§7. Расчет показания широкой стрелки КУС для заданной истинной скорости.	48
Глава 7. Учет влияния ветра на полет самолета.	48
§1. Ветер навигационный и метеорологический.	
§2. Навигационный треугольник скоростей, его элементы и их взаимозависимость	49
§3. Решение навигационного треугольника скоростей на НЛ-10 при известном ветре.	51
§4. Решение навигационного треугольника скоростей в уме при известном ветре.	52
§5. Способы определения УС и W в полете,	52
§6. Определение ветра по известным УС и W.	53
Глава 8. Разворот и его элементы.	
§1. Элементы разворота и их расчет.	53

Раздел III

Обеспечение безопасности самолетовождения.

Штурманская подготовка и правила выполнения полетов.

Глава 9. Обеспечение безопасности самолетовождения.	
§1. Требования безопасности самолетовождения.	55
§2. Предотвращение столкновения с воздушными судами в полете.	55
§3. Предотвращение столкновения воздушных судов с землей и наземными препятствиями.	57
§4. Предотвращение случаев потери ориентировки	61
§5. Предотвращение случаев попадания самолетов в районы с опасными для полетов метеоявлениями.	64
Глава 10 Штурманская подготовка к полету.	
§1. Предварительная штурманская подготовка к полету	64
§2. Предполетная штурманская подготовка.	68

Идея создания данной книги, в том виде в котором Вы ее сейчас видите зародилась около полугода назад, но как- то времени не хватало. И вот уже готова первая часть. При ее написании я не старался адаптировать ее под Microsoft Flight Simulator, напротив, я постарался оставить объем дисциплины, в том виде в котором ее изучают реальные летчики и штурманы. Конечно же некоторые параграфы были исключены умышленно, к примеру авиационная астрономия, другие оставлены в первоизданном виде, и дополнены.

Многое не приемлемо для MSFS, что- то попросту не нужно виртуальному пилоту, но несмотря на это я не стал уменьшать объем, потому- что считаю, что многим будет просто интересно, а возможно что- то поменяется в самой игре, и что- то станет актуальным.

При написании книги были использованы следующие источники:

1. Черный М.А., Кораблин В.И. “Самолетовождение” Изд. 2-е перераб. и доп., М., “Транспорт”, 1977г
2. Воздушная навигация. п-к Волковский В.С. и др. АВВАКУЛ, 1993г
3. Самолетовождение. Сборник задач по курсу СВЖ для курсантов летчиков и штурманов. Михайленко А.А., СВВАУЛШ, 1987г
4. Самолетовождение. Бланк-конспект. СВВАУЛШ, 1986г

Все вопросы, пожелания и рецензии присылать по адресу: inturist@stavropol.net

Введение

Самолетовождение — это наука о точном, надежном и безопасном вождении воздушных судов из одной точки земной поверхности в другую. Под самолетовождением понимается также комплекс действий экипажа воздушного судна и работников наземных технических средств службы движения, направленных на обеспечение безопасности, наибольшей точности выполнения полетов по установленным трассам (маршрутам) и прибытия в пункт назначения в заданное время.

Основными задачами экипажа (пилота) воздушного судна гражданской авиации при осуществлении самолетовождения являются:

- точное выполнение полета по установленной трассе (маршруту) на заданной высоте с выдерживанием такого режима полета, который обеспечивает выполнение задания;
- определение навигационных элементов, необходимых для выполнения полета по установленному маршруту или поставленной специальной задачи (фотографирование, сбрасывание груза и др.);
- обеспечение прибытия воздушного судна в район полетов, в пункт или аэродром назначения в заданное время и выполнение безопасной посадки;
- обеспечение безопасности полета.

Для решения указанных задач экипаж воздушного судна использует различные технические средства самолетовождения, которые подразделяются по месту расположения, характеру использования и принципу действия.

По месту расположения технические средства делятся на *самолетные* (бортовые) и наземные, а по характеру использования — на автономные и неавтономные. *Автономными* называются такие средства, применение которых не требует специального наземного оборудования. *Неавтономными* называются средства, которые выдают информацию на основе их взаимодействия с наземными устройствами. По принципу действия технические средства самолетовождения делятся на четыре группы.

1. *Геотехнические* средства самолетовождения позволяют измерять различные параметры естественных (геофизических) полей Земли. К этой группе относятся магнитные компасы, барометрические высотомеры, указатели воздушной скорости, термометры наружного воздуха, часы, гирополукомпасы, дистанционные гиромагнитные и гиरोиндукционные компасы, курсовые системы, авиагоризонты, указатели поворота, оптические визиры, навигационные индикаторы, инерциальные системы и др. Большинство из этих средств устанавливается на всех воздушных судах и используется в любом полете; они применяются также при пользовании другими техническими средствами самолетовождения.

2. *Радиотехнические* средства самолетовождения, основанные на измерении параметров электромагнитных полей, изучаемых специальными устройствами, находящимися на борту воздушного судна или на земле. К ним относятся самолетные радиоконпасы и связные радиостанции, радиовысотомеры, самолетные радиолокационные станции, доплёровские измерители путевой скорости и угла сноса, наземные радиопеленгаторы, приводные и радиовещательные станции, радиомаяки, радиомаркеры, наземные радиолокаторы и др.

Самолетное радионавигационное оборудование и наземные радиотехнические устройства образуют *системы самолетовождения*. По дальности действия последние делятся на системы дальней навигации (свыше 1000 км), ближней навигации (до 1000 км) и системы посадки. Радиотехнические средства широко применяются при выполнении полетов на больших высотах, в сложных метеорологических условиях и ночью, а также при заходе на посадку.

3. *Астрономические* средства самолетовождения, основанные на использовании небесных светил. К этой группе средств относятся астрономические компасы, авиационные секстанты и астрономические ориентаторы.

Преимуществом астрономических средств является их автономность, помехозащищенность и независимость точности их работы ни от дальности, ни от продолжительности полета. Они могут применяться в любое время суток в любом месте земного шара для выдерживания направления полета и определения местонахождения самолета.

4. *Светотехнические* средства самолетовождения, основанное на использовании бортовых или наземных источников света. К этой группе средств относятся светомаяки, прожекторы, огни посадочных систем, пиротехнические средства (дымовые шашки, пирофакелы и др.), ориентирные бомбы и знаки. Они облегчают ведение ориентировки и посадку воздушных судов в сложных метеорологических условиях и ночью.

Кроме рассмотренных технических средств, для самолетовождения экипаж использует полетные и бортовые карты, штурманские счетно-измерительные инструменты, различные графики и таблицы.

Современные воздушные суда оснащены такими техническими средствами самолетовождения, которые обеспечивают надежное и точное выполнение полетов в любых условиях навигационной обстановки.

Основой успешного самолетовождения является *комплексное* применение технических средств, которое заключается в том, что самолетовождение осуществляется с помощью не одного какого-либо средства, а нескольких. При этом результаты навигационных определений, полученные с помощью одних средств, уточняются с помощью других средств. Такое дублирование исключает возможность допущения грубых ошибок, повышает точность и надежность самолетовождения.

Для решения задач самолетовождения экипаж должен выбирать такое сочетание средств из имеющихся в его распоряжении, которое в данной навигационной обстановке обеспечит наибольшую точность и безопасность полета.

Для правильного решения вопросов комплексного применения технических средств самолетовождения необходимо знание принципов работы тех или иных средств, их возможностей и способов использования для решения различных навигационных задач.

Авиационная техника и технические средства самолетовождения непрерывно развиваются. Современные воздушные суда оснащаются бортовыми навигационными комплексами, позволяющими автоматизировать процесс пилотирования и самолетовождения и существенно повысить регулярность, точность, надежность и безопасность полетов. В практике самолетовождения широкое применение получили системы для автоматического захода на посадку.

Для эксплуатации современных самолетов и самолетов ближайшего будущего нужны высококвалифицированные пилоты и штурманы, глубоко знающие теорию и в совершенстве владеющие практикой самолетовождения.

Раздел 1

Основы авиационной картографии.

Глава 1

Основные географические понятия

§1 Формы и размеры Земли.

На основании многочисленных геодезических измерений установлено, что Земля представляет собой небесное тело, имеющее сложную геометрическую форму. При изучении формы Земли различают ее физическую и уровенную поверхности. За *физическую* поверхность Земли принимают действительную ее поверхность со всеми неровностями, образованными впадинами и горами. Воображаемая поверхность, перпендикулярная во всех своих точках к направлению действия силы тяжести и совпадающая с поверхностью Мирового океана в спокойном состоянии, принимается за *уровенную* поверхность Земли.

За истинную форму Земли принят *геоид* - тело, ограниченное условной уровенной поверхностью. По своей форме геоид является неправильным геометрическим телом, поэтому производить точные вычисления по его данным очень сложно. Для упрощения различных вычислений геоид заменяют эллипсоидом вращения, который по своей форме и размерам ближе всего подходит к геоиду и имеет простое математическое выражение.

Эллипсоидом вращения называется геометрическое тело, образованное вращением эллипса вокруг его малой оси. Приближенные данные о форме и размерах Земли были определены еще в глубокой древности. На основе точных определений и измерений они непрерывно уточняются. В СССР с 1946 г. для выполнения геодезических и картографических работ введен как обязательный эллипсоид Красовского, названный так в честь выдающегося ученого- геодезиста профессора Ф. Н. Красовского (1878—1948 гг.).

Эллипсоид Красовского (рис. 1.1) имеет следующие размеры:

- большая полуось (экваториальный радиус) $a = 6378,245$ км;
- малая полуось (полярный радиус) $b = 6356, 863$ км;
- полярное сжатие $c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,3}$

Как видно из приведенных данных, величина сжатия Земли у полюсов является незначительной. Следовательно, форма Земли мало отличается от шара. Поэтому для упрощения решения многих задач самолетовождения сжатием Земли пренебрегают и принимают Землю условно за шар (сферу), равновеликий по объему эллипсоиду Красовского. Радиус земного шара $R = 6371$ км. Возникающие ошибки вследствие замены эллипсоида шаром не превышают $\pm 0,5\%$ в определении расстояний и $+ 12^\circ$ в определении углов.

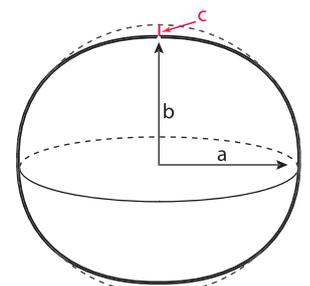


Рис 1.1. Эллипсоид Красовского

§2. Основные географические точки, линии и круги на земном шаре.

Земля непрерывно вращается в направлении с запада на восток. Диаметр, вокруг которого происходит это вращение, называется осью вращения Земли (рис. 1.2). Эта ось пересекается с поверхностью Земли в двух точках, которые называются *географическими полюсами*: один Северным

(С), а другой Южным (Ю). Северным называется тот полюс, в котором, если смотреть на него сверху, вращение Земли направлено против хода часовой стрелки. Противоположный полюс называется Южным.

Через любую точку на земном шаре можно провести бесчисленное множество *больших и малых* кругов. Большим называется круг, образованный на земной поверхности плоскостью сечения, проходящей через центр Земли. Малым называется круг, образованный на земной поверхности плоскостью сечения, не проходящей через центр Земли. Большой круг, плоскость которого перпендикулярна оси вращения Земли, называется **экватором**. Экватор делит земной шар на Северное и Южное полушария. Малый круг, плоскость которого параллельна плоскости экватора, называется параллелью. Через каждую точку на земной поверхности можно провести только, одну параллель, которая называется *параллелью места*.

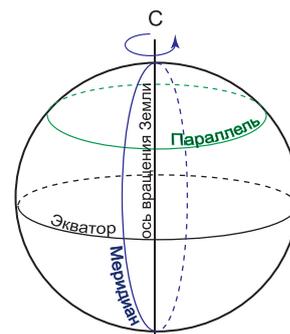


Рис 1.2. Точки, линии и круги на земном шаре

Большой круг, проходящий через полюсы Земли, называется **географическим, или истинным меридианом**. Через каждую точку на земной поверхности, кроме полюсов, можно провести только один меридиан, который называется *меридианом места*. Меридиан, проходящий через Гринвичскую астрономическую обсерваторию, находящуюся в Англии вблизи Лондона, принят по международному соглашению в качестве **начального меридиана**. Начальный меридиан делит земной шар на Восточное и Западное полушария. Плоскость экватора и плоскость начального меридиана являются основными плоскостями, от которых производится отсчет географических координат.

§3. Географические координаты

Географические координаты—это угловые величины, определяющие положение данной точки на поверхности земного эллипсоида. Координатами точки (рис. 1.3) на земной поверхности являются географическая широта и долгота.

Географической широтой φ называется угол между плоскостью экватора и направлением нормали к поверхности эллипсоида в данной точке или длина дуги меридиана, выраженная в градусах, между экватором и параллелью данной точки. Широта измеряется от экватора к северу и югу от 0 до 90°. Северная широта считается положительной, а южная — отрицательной. Все точки, лежащие на одной параллели, имеют одинаковую широту.

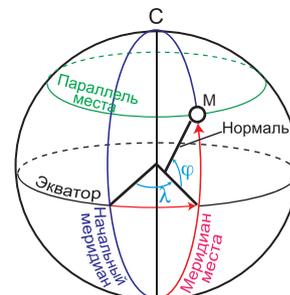


Рис 1.3. Географические координаты

Географической долготой λ называется двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана данной точки М, или длина дуги экватора, выраженная в градусах, между начальным меридианом и меридианом данной точки. Долгота измеряется в градусах. Отсчет ведется от начального меридиана к востоку и западу от 0 до 180°. Долгота, отсчитываемая на восток, называется восточной и считается положительной. Долгота, отсчитываемая на запад, называется западной и считается отрицательной. Все точки, лежащие на одном меридиане, имеют одну и ту же долготу.

Для упрощения решения некоторых навигационных задач Землю принимают за шар и пользуются географическими координатами. **Географическая широта** измеряется углом между плоскостью экватора и направлением на данную точку из центра земного шара. **Географическая долгота** определяется тем же углом, что и географическая. Опытным путем установлено, что разность между географической широтой и географической широтой незначительна и не превышает 11'33".

Долгота места, кроме угловых величин, может измеряться в единицах времени (часах, минутах и секундах), 1ч соответствует долготы 15°. Долгота отсчитывается от начального меридиана к востоку и западу от 0 до 12ч. Измерение долготы в единицах времени основано на суточном вращении Земли. Такое выражение долготы бывает необходимым при решении некоторых задач самолетовождения.

§4. Длина дуги меридиана, экватора и параллели

Зная радиус Земли, можно рассчитать длину большого круга (меридиана и экватора):

$$S = 2\pi R = 2 \times 3,1459 \times 6371 = 40030 \text{ км.}$$

Для приближенных расчетов можно принять 40 000 км. Определив длину большого круга, можно рассчитать, чему равна длина дуги меридиана (экватора) в 1° или в 1':

$$1^\circ \text{ дуги} = S/360^\circ = 40\,030 \text{ км}/360^\circ = 111,2 \text{ км;}$$

$$1' \text{ дуги} = 111,2 \text{ км}/60' = 1,853 \text{ км.}$$

Длина каждой параллели меньше длины экватора и зависит от широты места. Длина дуги параллели определяется по формуле

$$l_{\text{пар}} = l_{\text{экв}} \cos\varphi$$

где $l_{\text{экв}}$ — длина дуги экватора с заданной разностью долгот;
 φ — широта параллели.

При определении длины дуги параллели следует помнить, что при одной и той же разности долгот длина дуги параллели с приближением к полюсам уменьшается, так как функция косинуса с увеличением угла убывает. Обычно длину дуги параллели определяют с помощью НЛ.

Единицы измерения расстояний. В самолетовождении основными единицами измерения расстояний являются километр и метр. В некоторых случаях в качестве единицы измерения расстояния применяется морская миля (ММ). В США и Англии для измерения расстояний, кроме морской мили, применяется английская статутная миля (АМ) и фут. Морская миля представляет собой среднюю длину дуги меридиана эллипсоида в 1'.

При использовании указанных единиц измерения расстояний следует знать соотношения между ними: 1 ММ = 1° дуги меридиана = 1852 м = 1,852 км; 1 АМ = 1,6 км; 1 фут = 30,48 см; 1 м = 3,28 фута. Перевод одних единиц измерения расстояний в другие производится по формулам: S км = S ММ • 1,852; S ММ = S км : 1,852; S км = S АМ • 1,6; S АМ = S км : 1,6; Н футов = Н м • 3,28; Н м = Н футов : 3,28. Обычно перевод одних единиц измерения расстояний в другие выполняется с помощью навигационной линейки.

§5. Направления на земной поверхности

Решение многих задач самолетовождения связано с определением направлений на земной поверхности. В самолетовождении направления принято измерять углом относительно северного направления меридиана. Для указания направления введены специальные обозначения, носящие названия азимута (пеленга) и путевого угла.

Азимут, или пеленг ориентира называется угол, заключенный между северным направлением меридиана, проходящего через данную точку, и направлением на наблюдаемый ориентир (рис.1.4а). Азимут (пеленг) ориентира отсчитывается от северного направления меридиана до направления на ориентир по часовой стрелке от 0 до 360°.

При подготовке к полету заданные пункты маршрута соединяют на карте линией, которая в самолетовождении называется *линией заданного пути* (ЛЗП). Чтобы выполнить полет по ЛЗП, необходимо знать ее направление относительно меридиана, т. е. знать ее путевой угол.

Заданным путевым углом (ЗПУ) называется угол, заключенный между северным направлением меридиана и линией заданного пути (рис.1.4б). Он отсчитывается от северного направления меридиана до направления линии заданного пути по часовой стрелке от 0 до 360°.

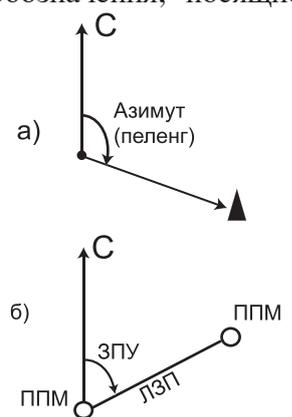


Рис 1.4. Направление на земной поверхности:
 а) - азимут (пеленг) ориентира;
 б) - заданный путевой угол (ЗПУ)

§6. Ортодромия и локсодромия

Путь самолета между двумя заданными точками на карте может быть проложен по ортодромии или локсодромии. Выбор способа прокладки пути зависит от оснащённости самолета навигационным оборудованием. Каждая из указанных линий пути имеет определенные свойства.

Ортодромией называется дуга большого круга, являющаяся кратчайшим расстоянием между двумя точками А и В на поверхности земного шара. Ортодромия обладает следующими свойствами:

- является линией кратчайшего расстояния между точками на поверхности земного шара;
- пересекает меридианы под различными не равными между собой углами вследствие схождения меридианов у полюсов.

Экватор и меридианы являются частными случаями ортодромии. Через две точки на земной поверхности, расположенные не на противоположных концах одного диаметра Земли, можно провести только одну ортодромию. Условились путь самолета по ортодромии называть **ортодромическим**, а направление полета по ортодромии указывать **ортодромическим путевым углом** (ОПУ), заключенным между северным направлением меридиана и линией заданного пути в начальной точке ортодромии. В частном случае, когда ортодромия совпадает с меридианом или экватором, ортодромический путевой угол остается постоянным и равным в первом случае 0 или 180°, а во втором 90 или 270°.

Полет по ортодромии с помощью магнитного компаса выполнить нельзя, так как в этом случае необходимо было бы изменять направление полета самолета от меридиана к меридиану, что осуществить практически невозможно. Поэтому такой полет выполняется с помощью специальных курсовых приборов — гирополукомпаса или курсовой системы.

На полетных картах, составленных в видоизмененной поликонической проекции, ортодромия между двумя пунктами, расположенными на расстоянии до 1000 - 1200км, прокладывается прямой линией, а на больших расстояниях — кривой линией, обращенной выпуклостью к полюсу. В первом случае ОПУ и длина пути по ортодромии измеряются по карте. Во втором случае ортодромия наносится на карту по промежуточным точкам, а ОПУ и длина пути по Ортодромии рассчитываются по специальным формулам.

В качестве исходных данных для математического расчета ОПУ и длины ортодромии служат географические координаты ее исходного и конечного пунктов. Эти координаты определяются с точностью до минуты по соответствующим справочникам или снимаются непосредственно с полетной карты.

Длина пути по ортодромии между двумя точками рассчитывается по формуле:

$$\cos S_{\text{орт}} = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_2 - \lambda_1),$$

где $S_{\text{орт}}$ — длина пути по ортодромии в градусах дуги;

φ_1 λ_1 — координаты исходной точки ортодромии;

φ_2 и λ_2 — координаты конечной точки ортодромии.

Чтобы получить длину пути ортодромии в километрах, нужно полученный по формуле результат выразить в минутах дуги и умножить на 1,852 км.

Ортодромический путевой угол (направление ортодромии в исходной точке маршрута) рассчитывается по формуле:

$$\text{ctg } \alpha = \cos \varphi_1 + \text{tg } \varphi_2 \text{ cosec } (\lambda_2 - \lambda_1) - \sin \varphi_1 \text{ ctg}(\lambda_2 - \lambda_1).$$

При большой протяженности ортодромия наносится на карту по промежуточным точкам. Координаты φ и λ этих точек рассчитываются по формуле:

$$\text{tg } \varphi = A \sin (\lambda - \lambda_1) + B \sin (\lambda_2 - \lambda),$$

где

$$A = \frac{\text{tg } \varphi_2}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)}; \quad B = \frac{\text{tg } \varphi_1}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)}$$

При этом обычно задаются долготой λ (через $10 - 20^\circ$) и определяют широту φ каждой промежуточной точки. Коэффициенты А и В для всех промежуточных точек остаются неизменными. Чтобы обеспечить высокую точность конечных результатов, расчет по указанным формулам ведется по пятизначным таблицам тригонометрических функций. По вычисленным координатам наносят промежуточные точки на карте, а затем через эти точки проводят ортодромию в виде плавной кривой линии (рис. 1.5) или в виде отрезков прямых, соединяющих вычисленные точки ортодромического пути.

Математический расчет ортодромии дает хорошую точность, но связан с громоздкими вычислениями. Поэтому иногда ортодромию наносят на полетную карту при помощи навигационного глобуса или сетки, составленной в центральной полярной проекции, на которой ортодромия для любых расстояний изображается прямой линией. Используя это свойство сетки, можно произвести графический расчет ортодромии. Для этого на сетке соединяют начальную и конечную точки ортодромии прямой линией. На прямой намечают промежуточные точки. Затем по координатам переносят их на полетную карту и через полученные на полетной карте точки проводят ортодромию.

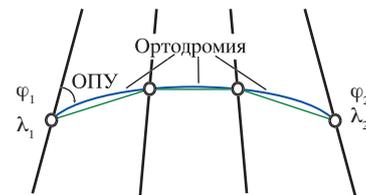


Рис.1.5. Прокладка ортодромии.

Полет из одной точки в другую по магнитному компасу удобно выполнять с постоянным путевым углом, т. е. по локсодромии.

Локсодромией называется линия, пересекающая меридианы под одинаковыми путевыми углами. Путь самолета по локсодромии называется локсодромическим. Постоянный угол, под которым локсодромия пересекает меридианы, называется **локсодромическим путевым углом**.

На поверхности земного шара локсодромия имеет вид пространственной логарифмической спирали, которая огибает земной шар бесконечное число раз и с каждым оборотом постепенно приближается к полюсу, но никогда не достигает его. Путь по локсодромии всегда длиннее пути по ортодромии. Только в частных случаях, когда полет происходит по меридиану или по экватору, длина пути по локсодромии и ортодромии будет одинаковой.

Если пункты перелета не очень удалены друг от друга, то разность пути по ортодромии и локсодромии незначительна. Разность также мала и при больших расстояниях полета, если маршрут проходит под углом не более 20° к меридиану. При больших расстояниях между пунктами перелета и особенно при направлении маршрута, близком к 90 или 270° , разность между расстояниями по ортодромии и локсодромии достигает больших значений. При большой протяженности маршрута путь по ортодромии значительно сокращает расстояние, уменьшает продолжительность полета и расход топлива, что повышает полезную нагрузку самолета. Поэтому полеты сверхзвуковых транспортных самолетов выполняются по спрямленным воздушным трассам, совпадающим с ортодромиями. Спрявление трасс производится для уменьшения количества разворотов, что упрощает выполнение полетов.

Локсодромия обладает следующими свойствами:

- пересекает меридианы под постоянным углом и на поверхности Земного шара своей выпуклостью обращена в сторону экватора;
- путь по локсодромии всегда длиннее пути по ортодромии, за исключением частных случаев, когда полет происходит по меридиану или по экватору. Параллели являются частными случаями локсодромии.

При полетах на большие расстояния разностью пути по ортодромии и локсодромии пренебрегать нельзя. Поэтому маршрут дальнего полета, если его промежуточные точки не определены заданием, должен прокладываться по ортодромии. В практике полетов по утвержденным воздушным линиям, для которых установлены определенные правила, маршрут не является прямой от пункта вылета до пункта посадки, а имеет ряд изломов. Отрезки прямых выбирают с таким расчетом, чтобы разность в путевых

углах в начале и конце участка не превышала 2° . При таком выборе длины участков ЛЗП прокладывается на полетной карте в виде прямой, которую принимают за локсодромию, если направление полета будет выдерживаться по магнитному компасу, или за ортодромию, если направление полета будет выдерживаться с помощью специальных курсовых приборов. В этом случае локсодромический путь будет незначительно отклоняться от прямой линии и для отрезков 200—250 км практически будет совпадать с ЛЗП, проложенной на карте.

§7. Навигационные системы координат.

При работе с бортовыми и наземными техническими средствами самолетовождения приходится использовать различные системы координат, позволяющие указывать положение самолета или любой точки на земной поверхности. Основными навигационными системами координат являются: географическая, ортодромическая, прямоугольная и полярная.

Географическая система координат, как было рассмотрено выше, является частным случаем сферической, когда полюсы системы совпадают с географическими полюсами земного эллипсоида. За основные плоскости в этой системе приняты плоскость географического экватора и плоскость начального меридиана. Географическая система координат в виде меридианов и параллелей наносится на все навигационные карты и является основной для определения координат точек на картах.

Ортодромическая система координат является также сферической системой, но с произвольным расположением полюсов. Она применяется в качестве основной системы координат в автоматических навигационных устройствах, которые определяют координаты места самолета. В этой системе за основные оси координат приняты две ортодромии, что и определило ее название. Ортодромия, совмещенная с линией заданного пути или с осью маршрута (рис.1.6), называется главной и принимается за ось Y . Она является как бы условным экватором. Другая ортодромия, перпендикулярная главной, проводится через точку начала отсчета координат и принимается за ось X . Эта ортодромия представляет собой условный меридиан. Положение любой точки M на Земном шаре в этой системе указывается двумя ортодромическими координатами Y и X , которые обычно выражаются в километрах.

Основными точками системы являются полюсы главной ортодромии, через которые проходят условные меридианы. Координатная сетка на шаре в этой системе состоит из условного экватора, условных меридианов и параллелей. Вблизи условного экватора условные меридианы и параллели образуют практически прямоугольную сетку.

Путем выбора положения главной ортодромии можно добиться, чтобы полет проходил с возможно меньшими отклонениями от нее, т. е. при малых значениях координаты X . Это позволяет в пределах допустимых удалений от главной ортодромии (350—400 км) не учитывать сферичность Земли и от решения задач на шаре переходить к решению их на плоскости. Благодаря применению формул плоской тригонометрии для решения навигационных задач значительно упрощается конструирование средств автоматизации самолетовождения. Кроме всего, ортодромическая система координат наиболее удобна для выдерживания заданного направления полета с помощью гироскопических курсовых приборов, являющихся основными курсовыми приборами в гражданской авиации.

Прямоугольная система координат является плоской системой. Координатные оси X и Y этой системы представляют собой две взаимно перпендикулярные прямые линии, относительно которых определяется положение любой точки на плоскости. Небольшие сферические участки Земли практически совпадают с плоскостью, касательной к точке этого участка. Поэтому прямоугольные координаты вполне точно могут определять положение точек на земной поверхности в некоторых пределах.

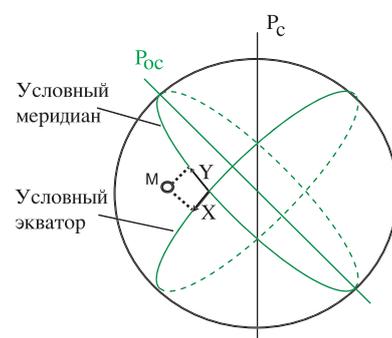


Рис.1.6. Ортодромическая система координат.

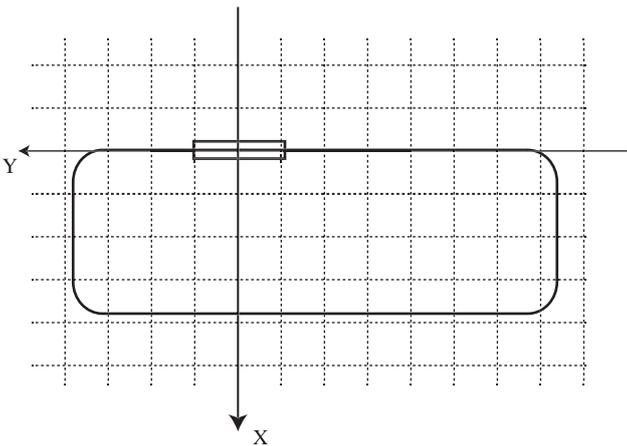


Рис.1.7. Прямоугольная система координат

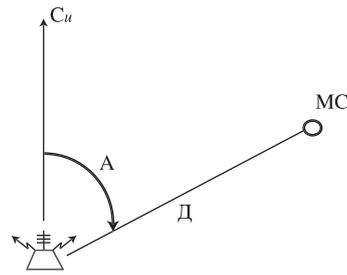


Рис.1.8. Полярная система координат.

Прямоугольная система координат применяется для программирования автоматизированного захода на посадку. В этом случае начало координат совмещают с центром ВПП, а ось Y с направлением посадки (рис. 1.7).

Для основных точек схемы захода заранее определяют прямоугольные координаты, позволяющие производить автоматизированный заход на посадку.

Полярная система координат является сферической системой. В этой системе положение точки в пространстве определяется тремя величинами: расстоянием от точки, принятой за начало отсчета; углом между вертикалью и направлением радиуса-вектора, идущего к точке; и углом в горизонтальной плоскости между исходным направлением и проекцией радиуса-вектора на эту плоскость. В практике самолетовождения эту систему обычно заменяют плоскостной, в которой место самолета определяется азимутом (A) и горизонтальной дальностью (D) относительно радионавигационной точки или определенного ориентира (рис.1.8). Северное направление меридиана в этой системе принято называть *полярной осью*, а фиксированную точку — *полюсом*.

При использовании радиотехнических систем ближней навигации сферичностью Земли пренебрегают и задачи решают, как на плоскости. При использовании радиотехнических систем дальней навигации сферичность Земли учитывают, поэтому для систем дальней навигации издаются специальные карты с нанесенными на них линиями положения. Кроме рассмотренных основных систем координат в самолетовождении применяют и более сложные системы, такие, как гиперболические, двухполюсные азимутальные, двухполюсные дальномерные системы и др. Каждая из навигационных систем координат связана с принципом действия технических средств, применяемых для определения места самолета.

Глава 2

Карты, применяемые в авиации.

§1. Общие сведения о карте и плане

В авиации карты используются как при подготовке к полету, так и в процессе полета. При подготовке к полету карта необходима для прокладки и изучения маршрута полета; измерения путевых углов и расстояний между пунктами маршрута; определения географических координат пунктов; нанесения точек расположения радиотехнических средств, обеспечивающих полет; получения данных о магнитном склонении района полета; изучения рельефа местности и определения высоты гор и отдельных точек местности.

Еще в большей мере карта необходима в полете. В этом случае она применяется для ведения визуальной и радиолокационной ориентировки; контроля пути и прокладки линий положения самолета; определения навигационных элементов полета. Карты нужны также службе движения для руководства полетами и контроля за правильностью их выполнения.

В авиации карта является основным пособием для самолетовождения. Без нее не может выполняться ни один полет. В первые годы существования авиации для самолетовождения использовались обычные топографические карты. Пользоваться ими было неудобно. По мере развития авиации и средств самолетовождения возникла необходимость в издании специальных авиационных карт, отвечающих требованиям самолетовождения. Большой вклад в разработку новых способов построения карт внесли советские ученые В. В. Каврайский, Ф. Н. Красовский, М. Д. Соловьев, Н. А. Урмаев и др.

План и карта. Изобразить без искажений поверхность Земли можно только на глобусе, который представляет собой земной шар в уменьшенном виде. Но глобусы, несмотря на указанное преимущество, неудобны для практического использования в авиации. На небольших глобусах нельзя поместить все сведения, необходимые для самолетовождения. Большие глобусы неудобны в обращении. Поэтому подробное изображение земной поверхности делается на плоскости (обычно на листах бумаги) в виде плана или карты.

Планом называется условное изображение на плоскости в крупном масштабе небольшого участка земной поверхности. План составляется без учета кривизны Земли. Небольшие участки земной поверхности радиусом 10—15 км можно практически принимать за плоскость и изображать на бумаге все элементы местности без искажений.

Для плана характерны отсутствие градусной сетки меридианов и параллелей; сохранение масштаба во всех точках и в любом направлении; большая подробность деталей местности и передача очертаний предметов без искажений. Планы составляются в масштабе 200 м в 1 см и крупнее. На них помещаются объекты, в изображении которых нужна большая подробность.

Большие участки земной поверхности изображаются на карте. **Картой** называется условное изображение всей поверхности Земли или отдельных ее частей в уменьшенном виде на плоскости с учетом шарообразности Земли. Как видно из определения, план и карта — это прежде всего уменьшенные изображения того или иного участка земной поверхности. Уменьшение зависит от принятого для плана или карты масштаба.

Масштаб карты. **Масштабом карты** называется отношение длины линии, взятой на карте, к действительной длине той же линии на местности. Он показывает степень уменьшения линий на карте относительно соответствующих им линий на местности. Масштаб бывает численный и линейный.

Численный масштаб выражается дробью, у которой числитель — единица, а знаменатель — число, показывающее, во сколько раз действительные расстояния на Земле уменьшены при нанесении их на карту, например, 1 : 1 000 000; 1 : 500 000. Чем меньше знаменатель численного масштаба, тем более крупным будет масштаб данной карты.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, разделенную на равные отрезки, обозначенные числами, показывающими, каким расстояниям на местности соответствуют эти отрезки. **Линейный масштаб** — это графическое выражение численного масштаба. Отрезок линии, положенный в основу линейного масштаба, называется **основанием масштаба**. Обычно основанием масштаба для удобства измерений на карте берется отрезок длиной в 1 см. Расстояние на местности, соответствующее основанию масштаба, называется **величиной масштаба**. Например, величина масштаба карты 1 : 1 000 000 равна 10 км.

Ввиду того, что шарообразную поверхность Земли нельзя изобразить на плоскости без искажений, масштаб не является постоянной величиной для всей карты. Принято различать главный и частный масштабы. **Главным масштабом карты** называется степень общего уменьшения земного шара до определенных размеров глобуса, с которого земная поверхность переносится на плоскость. Главный масштаб позволяет судить об уменьшении длин отрезков при перенесении их с земного шара на глобус.

Масштаб в данной точке карты по данному направлению называется *частным*. Если главный масштаб принять равным единице, то частные масштабы могут быть больше и меньше единицы.

На авиационных картах есть линии нулевых искажений, где сохраняется главный масштаб, а также участки, где частный масштаб более крупный или более мелкий. На картах указывается только главный масштаб. Он наносится на нижнем обрезе карты.

§2. Сущность картографических проекций и их классификация

Способ изображения земной поверхности на плоскости называется *картографической проекцией*. Существует много способов изображения земной поверхности на плоскости. Сущность любой картографической проекции состоит в том, что поверхность земного шара переносится сначала на глобус определенного размера, а затем с глобуса по намеченному способу на плоскость.

При переносе поверхности Земли с глобуса на плоскость приходится в одних местах растягивать изображения, а в других сжимать, т. е. допускать искажения. Каждая проекция имеет определенную степень искажения длин, направлений и площадей и определенный вид сетки меридианов и параллелей. Выбор проекции для построения карты зависит от того, каким требованиям должна отвечать данная карта. Все существующие проекции условились подразделять по двум признакам: по характеру искажений и по виду сетки меридианов и параллелей (картографической сетки).

По характеру искажений картографические проекции делятся на следующие группы.

1. Равноугольные. Эти проекции не имеют искажения углов и сохраняют подобие небольших фигур. В равноугольных проекциях угол, измеренный на карте, равен углу между этими же направлениями на поверхности Земли. Небольшие фигуры, изображенные на карте, подобны соответствующим фигурам на местности.

Картами в равноугольных проекциях широко пользуются в авиации, так как для самолетовождения важно точное измерение направления (путевого угла, пеленга и т. п.).

2. Равнопромежуточные. В этих проекциях расстояние по меридиану или по параллели изображается без искажения. В самолетовождении карты такой проекции применяются реже, чем равноугольные.

3. Равновеликие. В этих проекциях площадь изображенной фигуры на карте равна площади той же фигуры на местности, т. е. площади фигур передаются без искажений. Равенства углов и подобия фигур в этих проекциях нет.

4. Произвольные. Эти проекции не обладают ни одним из указанных выше свойств, но широко применяются для построения некоторых авиационных карт. Некоторые карты в таких проекциях имеют в определенных пределах практически очень небольшие искажения в длинах, направлениях и площадях, что позволяет более просто решать многие практические задачи самолетовождения. Каждой из проекций соответствует вполне определенный вид картографической сетки, на основе которой составляется карта и от которой зависят характер и размеры искажений. По виду сетки меридианов и параллелей все картографические проекции делятся на цилиндрические, конические, поликонические и азимутальные. Каждая из указанных проекций имеет определенные свойства. Без знания этих свойств нельзя правильно пользоваться данной картой.

§3. Цилиндрические проекции

Цилиндрические проекции — это проекции, в которых меридианы нормальной сетки изображаются прямыми линиями, параллельными между собой и отстоящими друг от друга на расстояниях, пропорциональных разности соответствующих долгот; параллели изображаются также параллельными прямыми линиями, перпендикулярными меридианам. Картографическая сетка проекции рассчитывается математическим путем.

Получение цилиндрических проекций может быть представлено геометрически следующим образом. Поверхность глобуса переносится на боковую поверхность цилиндра с последующей

разверткой ее на плоскость. Этим и объясняется название проекций. Цилиндр может быть касательным к поверхности глобуса и секущим.

В зависимости от положения оси цилиндра относительно оси вращения глобуса цилиндрические проекции могут быть: *нормальные* — ось цилиндра совпадает с осью вращения Земли; *поперечные* — ось цилиндра перпендикулярна к оси вращения Земли; *косые* — ось цилиндра составляет некоторый угол с осью вращения Земли. Карты в цилиндрической проекции издаются в нескольких разновидностях.

Нормальная равноугольная цилиндрическая проекция приобрела всеобщее распространение для составления морских карт; она называется еще *проекцией Меркатора* по имени голландского картографа, который ее предложил. Построение этой проекции производится по специальным уравнениям. Геометрически проекция может быть представлена как проектирование поверхности глобуса из его центра на боковую поверхность цилиндра, касательного к экватору (рис. 2.1). После проектирования цилиндр разрезается по образующей и разворачивается на плоскость. При проектировании на поверхность цилиндра параллели растягиваются до длины экватора. Соответственно на такую же величину растягиваются и меридианы. Поэтому проекция сохраняет подобие малых фигур и является равноугольной.

Карты в равноугольной цилиндрической проекции имеют следующие основные свойства:

- меридианы и параллели изображаются взаимно перпендикулярными линиями;
- расстояния между меридианами одинаковые, а между параллелями увеличиваются с увеличением широты;
- сохраняется равенство углов;
- масштаб переменный и с увеличением широты становится

крупнее, поэтому расстояние между двумя точками определяется по специальной шкале, нанесенной на боковых обрезах карты. Эта шкала учитывает переменный масштаб по широте;

- искажение масштаба практически не ощутимо только в полосе $\pm 5^\circ$ от экватора;
- локсодромия изображается прямой линией, что является основным преимуществом этой проекции, значительно облегчающим решение навигационных задач;
- ортодромия изображается кривой линией, выпуклой к полюсу (т. е. в сторону более крупного масштаба).

В нормальной равноугольной цилиндрической проекции издаются навигационные морские карты.

Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция.

Эту проекцию предложил немецкий математик Гаусс, поэтому ее обычно называют проекцией Гаусса. Строят проекцию по законам математики. Сущность построения этой проекции можно представить геометрически. Поверхность глобуса проектируется на боковую поверхность цилиндра, расположенного перпендикулярно оси вращения глобуса, причем поверхность Земли делят меридианами на 60 зон. Каждая такая зона по долготе занимает 6° . Счет зон ведется на восток от Гринвичского меридиана, который является западной границей первой зоны (рис. 2.2). По широте зоны простираются от Северного полюса до Южного. Каждая зона изображается на

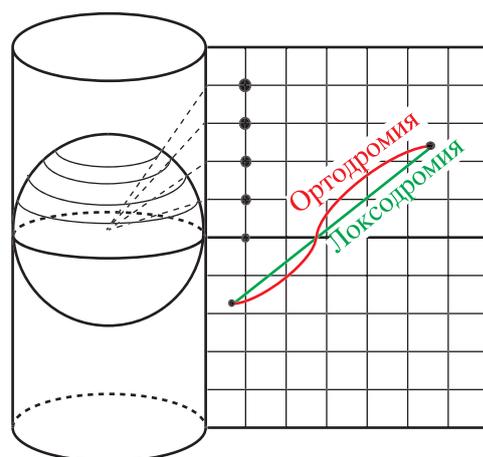


Рис 2.1 Равноугольная цилиндрическая проекция

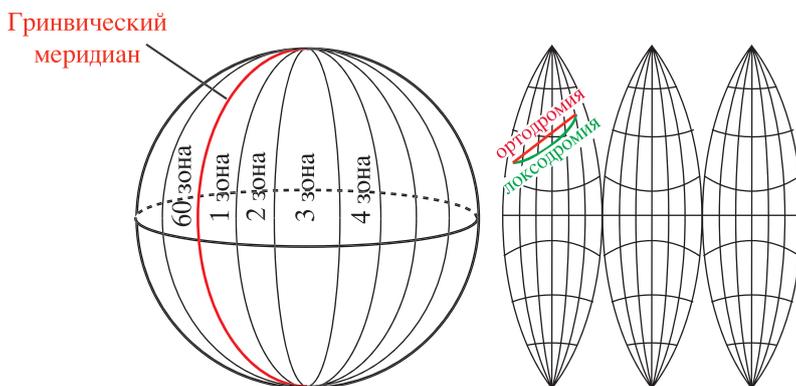


Рис 2.2. Поперечно- цилиндрическая проекция

своем цилиндре, касающемся поверхности глобуса по среднему меридиану данной зоны. Указанные особенности построения позволяют уменьшить искажения.

Карты в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции имеют такие свойства:

- незначительное искажение масштаба;
- на осевых меридианах искажения длин отсутствуют, а по краям зон на широте 0 не превышают 0,14%, т. е. 140 м на 100 км измеряемой длины и практического значения не имеют;
- сохраняется равенство углов и подобие фигур;
- на крайних меридианах зон фигуры изображаются в более крупном масштабе, чем на среднем меридиане;
- осевой меридиан зоны и экватор изображаются прямыми взаимно перпендикулярными линиями;
- остальные меридианы - кривыми линиями, сходящимися от экватора к полюсам, а параллели - дугами, выпуклыми к экватору;
- кривизна меридианов и параллелей в пределах одного листа карты незаметна;
- в пределах одной зоны листы карт склеиваются без разрывов;
- локсодромия имеет вид кривой, выпуклой к экватору;
- ортодромия на расстоянии до 1000 км изображается прямой линией;
- на картах масштаба 1 : 200 000 и крупнее нанесена километровая сетка прямоугольных координат Гаусса. Вертикальные линии параллельны среднему меридиану зоны, горизонтальные — экватору.

В равноугольной поперечно-цилиндрической проекции составлены карты масштабов 1 : 500 000; 1 : 200 000; 1 : 100 000; 1 : 50 000; 1 : 25 000 и 1 : 10 000, т.е. все карты крупного масштаба.

Косая равноугольная цилиндрическая проекция.

Сущность этой проекции состоит в том, что поверхность глобуса проектируется на боковую поверхность цилиндра, расположенного под углом к оси вращения глобуса (рис. 2.3). Цилиндр располагают так, чтобы он касался глобуса по оси маршрута. Этим достигается уменьшение искажений на составляемой карте. На картах в этой проекции в полосе 500—600 км от осевой линии маршрута искажения масштаба не превышают 0,5%. Ортодромия на картах этой проекции практически изображается прямой линией.

В косоугольной равноугольной цилиндрической проекции издаются маршрутно-полетные карты масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 2 000 000, а также бортовая карта масштаба 1 : 4 000 000, предназначенные для полетов по воздушным трассам большой протяженности.

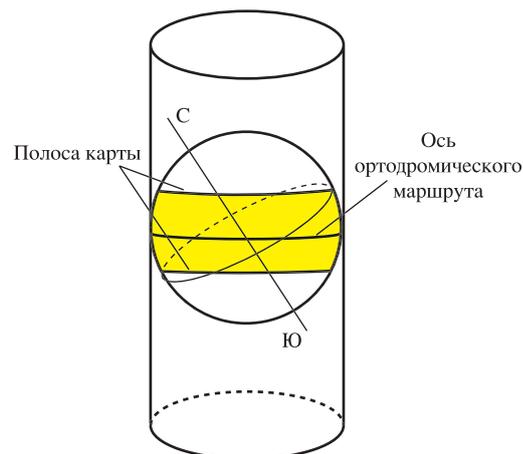


Рис 2.3. Косая равноугольная цилиндрическая проекция

§4. Конические проекции

Конические проекции — это проекции, в которых меридианы нормальной сетки изображаются прямыми линиями, сходящимися в точке полюса, а параллели — дугами концентрических окружностей, описанных вокруг полюса. Условно конические проекции можно представить как изображение поверхности глобуса на боковой поверхности конуса с последующей разверткой этой поверхности на плоскость. Конические проекции могут строиться на касательном или секущем конусе. В зависимости от расположения оси конуса относительно оси вращения глобуса конические проекции могут быть нормальные, поперечные и косые. Большинство авиационных карт конической проекции построено в нормальной равноугольной проекции на касательном или секущем конусах.

Равноугольная коническая проекция на касательном конусе. Построение этой проекции (рис. 2.4) наглядно можно объяснить следующим образом. Все меридианы выпрямляют до соприкосновения с боковой поверхностью конуса. При этом все параллели, кроме параллели касания, будут растягиваться до размеров окружности конуса. Для того чтобы сделать проекцию равноугольной

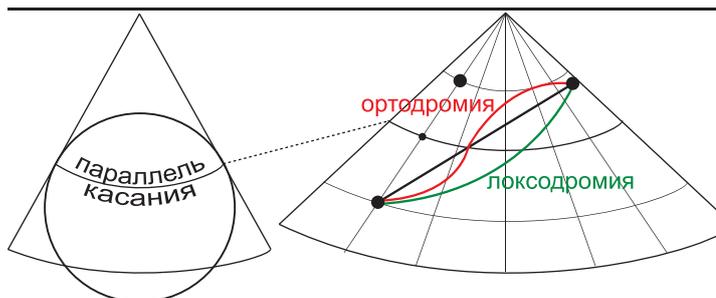


Рис 2.4. равноугольная коническая проекция на касательном конусе

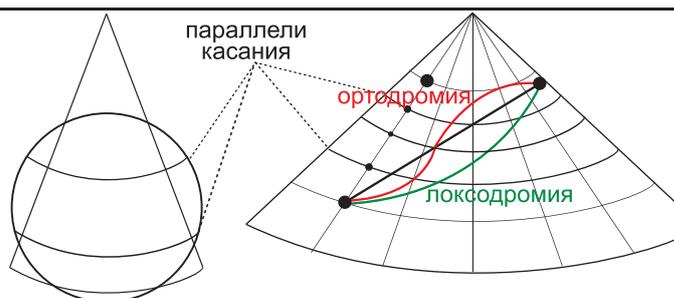


Рис 2.5. Равноугольная коническая проекция на секущем конусе

и сохранить подобие фигур, производят растягивание меридианов в такой степени, в какой были растянуты параллели в данной точке карты. Затем конус разрезается по образующей и разворачивается на плоскость. Карты в равноугольной конической проекции на касательном конусе имеют следующие свойства:

- меридианы изображаются в виде прямых, сходящихся к полюсу;
- угол схождения меридианов определяется по формуле

$$\sigma = \Delta\lambda \sin\phi$$

где $\Delta\lambda$, — разность долгот между заданными меридианами; ϕ — широта параллели касания;

- параллели имеют вид дуг концентрических окружностей, расстояния между которыми увеличиваются по мере удаления от параллели касания;
- на параллели касания искажения длин отсутствуют, а в полосе $\pm 5^\circ$ от этой параллели они незначительны и в практике не учитываются;
- локсодромия изображается кривой линией, обращенной своей выпуклостью к экватору;
- ортодромия для расстояний до 1200 км изображается прямой линией, а для больших расстояний имеет вид кривой, обращенной своей выпуклостью в сторону более крупного масштаба.

В равноугольной конической проекции на касательном конусе издаются бортовые карты масштабов 1 : 2 000 000; 1 : 2 500 000; 1 : 3 000 000; 1 : 4 000 000 и обзорная карта масштаба 1 : 5 000 000.

Равноугольная коническая проекция на секущем конусе. Получение этой проекции условно можно представить как изображение поверхности глобуса на боковой поверхности секущего конуса (рис. 2.5). В этом случае искажения на карте уменьшаются.

Равноугольная коническая проекция на секущем конусе имеет следующие свойства:

- параллели сечения изображаются в главном масштабе, на них отсутствуют искажения длин;
- между параллелями сечения масштаб изображения мельче, а вне их крупнее. Такое изменение масштабов обусловлено тем, что при переносе поверхности Земли на секущий конус изображения между параллелями сечения приходится сжимать, а на внешних сторонах от параллелей сечения несколько растягивать;
- в полосе $\pm 5^\circ$ от параллелей сечения искажения незначительные и практически с ними можно не считаться при решении некоторых задач самолетовождения;
- угол схождения меридианов:

$$\sigma = \Delta\lambda \sin\phi_0$$

где $\Delta\lambda$ — разность долгот между заданными меридианами; ϕ_0 — широта параллели с наименьшим масштабом. В зависимости от принятого способа распределения искажений на карте эта параллель может не совпадать со средней широтой между параллелями сечения;

- ортодромия изображается кривой, выпуклой в сторону более крупного масштаба, и имеет точку перегиба на параллели наименьшего масштаба. Для расстояний не более 1500 км ее можно принимать за прямую линию;
- локсодромия изображается кривой линией, пересекающей все меридианы под одним и тем же углом.

В нормальной равноугольной конической проекции на секущем конусе издаются бортовые карты масштаба 1 : 2 000 000 (Москва— Берлин) и 1 : 2 500 000.

§5. Поликонические проекции

По принципу построения поликонические проекции незначительно отличаются от конических. Сущность построения поликонических проекций условно может быть представлена таким образом. Поверхность глобуса переносится на боковые поверхности нескольких конусов, касательных к параллелям или секущих глобус по заданным параллелям. На поверхность каждого конуса переносится небольшой пояс поверхности глобуса (рис. 2.6). Затем поверхность конуса разрезается по образующей и разворачивается на плоскость. После склеивания полос получается поликоническая проекция.

Карты в поликонической проекции имеют следующие свойства:

- средний меридиан изображается прямой линией и не имеет искажения длин; поэтому поликоническая проекция наиболее удобна для изображения территорий, вытянутых вдоль меридиана. Остальные меридианы имеют вид кривых линий;
- параллели изображаются в виде дуг окружностей, проведенных из разных центров, лежащих на среднем меридиане;
- нет нарастающего искажения масштабов к северу и югу, так как главный масштаб сохраняется по параллелям касания (сечения) каждой полосы;
- проекция неравноугольная.

Эта проекция взята за основу международной проекции.

§6. Видоизмененная поликоническая (международная) проекция

Видоизмененная поликоническая проекция была принята на международной геофизической конференции в Лондоне в 1909 г. и получила название международной. В этой проекции издается международная карта масштаба 1 : 1 000 000. Строится она по особому закону, принятому международным соглашением.

Каждый лист карты масштаба 1 : 1 000 000 строится отдельно. Он захватывает по широте 4° и по долготе 6° . На каждом листе главный масштаб взят по крайним параллелям вследствие сечения глобуса конусом по этим параллелям и по меридианам, отстоящим от среднего меридиана листа на 2° к востоку и западу (рис. 2.7). По характеру искажений видоизмененная поликоническая проекция является произвольной. На листах карт масштаба 1 : 1 000 000 искажения длин не превышают 0,14% и углов $7'$ и поэтому практического значения не имеют.

Меридианы на картах этой проекции изображаются прямыми линиями, сходящимися к полюсу, а параллели—дугами концентрических окружностей. Особенности построения сетки меридианов и параллелей в международной проекции приводят к тому, что склеивать без разрывов можно только листы одной колонки или одной полосы. Допускается склейка в «блок» девяти листов (3 X 3) карт масштаба 1 : 1 000 000. В этом случае возникающие разрывы не вызывают существенных искажений длин и углов.

Ортодромия на картах в этой проекции на расстоянии до 1200 км изображается прямой линией, а локсодромия — кривой, обращенной выпуклой стороной к экватору.

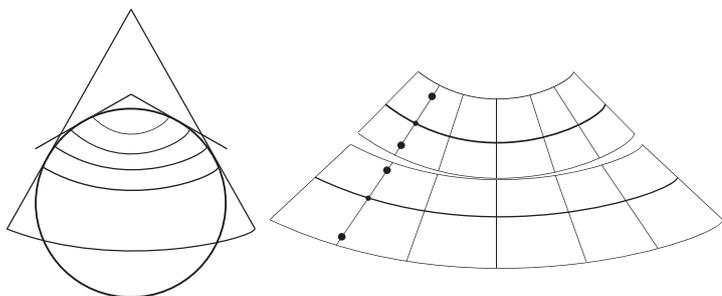


Рис 2.6. Поликоническая проекция

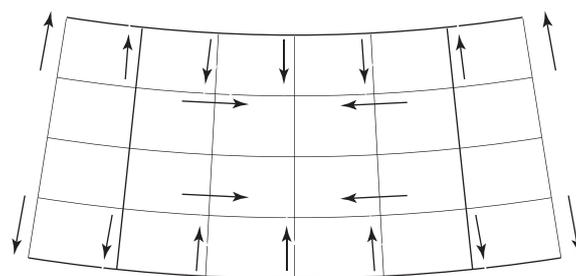


Рис 2.7. Видоизмененная поликоническая проекция

Угол схождения меридианов определяется по формуле:

$$\sigma = \Delta\lambda \sin\varphi_{cp}$$

где φ_{cp} — средняя широта листа карты.

В видоизмененной поликонической проекции, кроме карт масштаба 1 : 1 000 000, издается полетная карта масштаба 1 : 2 000 000 и бортовая карта масштаба 1 : 4 000 000.

§7. Азимутальные проекции

Азимутальные проекции — это проекции, в которых параллели нормальной сетки изображаются концентрическими окружностями, а меридианы — прямыми линиями, пересекающимися в центре концентрических окружностей под углом, равным разности долгот. Радиусы параллелей зависят от правил построения данной азимутальной проекции. Азимутальные проекции строятся по законам геометрической перспективы, поэтому иногда эти проекции называют перспективными.

По положению картинной плоскости (плоскости, на которую проектируется поверхность глобуса) азимутальные проекции делятся на полярные (нормальные) — картинная плоскость касается поверхности глобуса в точке полюса, экваториальные (поперечные) — картинная плоскость касается глобуса в точке экватора, горизонтальные (косые) — картинная плоскость касается глобуса в точке с широтой более 0 и менее 90°.

В зависимости от положения центра проектирования (рис. 2.8) относительно картинной плоскости азимутальные проекции делятся на центральные — точка зрения расположена в центре глобуса, стереографические — точка зрения удалена от картинной плоскости на расстояние, равное диаметру глобуса, ортографические — точка зрения удалена от картинной плоскости в бесконечность, внешние — точка зрения находится вне глобуса на некотором конечном расстоянии.

Из всех азимутальных проекций в самолетовождении применяются в основном центральные и стереографические полярные.

Центральная полярная проекция. Эта проекция применяется для составления карт полярных районов. Строится она путем проектирования поверхности глобуса из его центра на картинную плоскость, касательную к нему в точке географического полюса (рис. 2.9).

Карты в центральной полярной проекции имеют следующие свойства:

- меридианы изображаются в виде прямых линий, расходящихся от полюса под углом, равным разности долгот;
- параллели изображаются концентрическими окружностями, расстояния между которыми увеличиваются по мере уменьшения широты;
- углы, расстояния и площади искажаются, так как проекция по характеру искажений относится к произвольной. Поэтому измерять расстояния на этих картах в одном и том же масштабе и измерять направления при помощи обычного транспортира можно только вблизи полюса (на широтах больше 80°). В этом случае ошибки в измерении расстояний не будут превышать 3%, а ошибки в измерении направлений — 0,5°;
- ортодромия изображается прямой линией, что является основным свойством этих карт.

Центральная полярная проекция применяется для построения специальных сеток, которые используются для нанесения ортодромического пути на картах, составленных в других проекциях. В этой проекции ранее составлялись карты Арктики масштаба 1 : 2 000 000, которые сейчас заменяются картами в стереографической проекции.

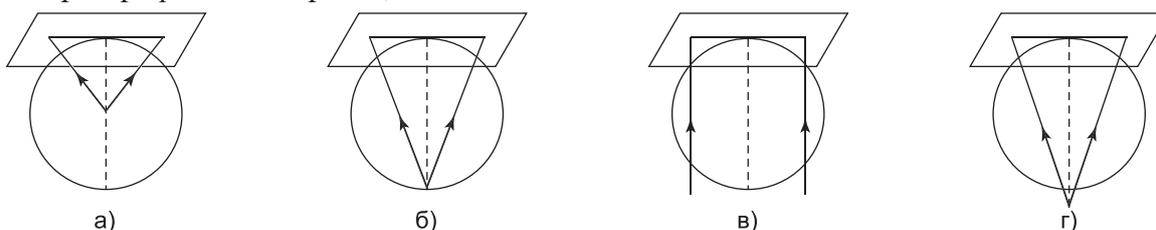


Рис 2.8. Азимутальные проекции.

а - центральная; б - стереографическая; в- ортографическая; г - внешняя

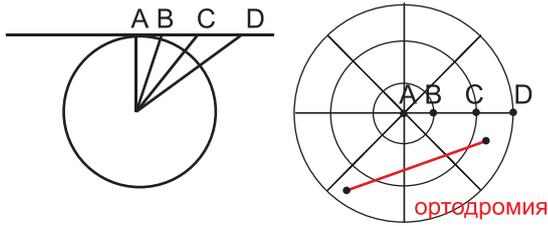


Рис 2.9. Центральная полярная проекция

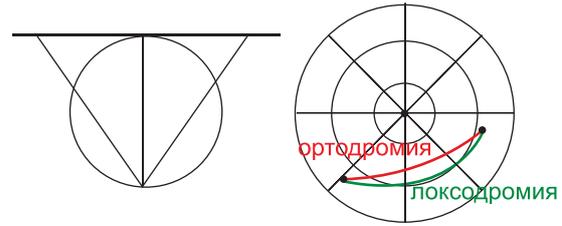


Рис 2.10. Стереографическая полярная проекция

Стереографическая полярная проекция, Эта проекция получается в результате проектирования поверхности глобуса на картинную плоскость, касающуюся его в точке полюса. Проектирование ведется из точки, расположенной на противоположном полюсе (рис. 2.10).

Карты в стереографической полярной проекции имеют следующие свойства:

- меридианы изображаются прямыми линиями, расходящимися от полюса под углом, равным разности долгот;
- параллели изображаются в виде концентрических окружностей, расстояния между которыми увеличиваются по мере уменьшения широты, но медленнее, чем в центральной полярной проекции;
- нет искажения углов, а в районе полюсов искажения длин незначительные, которые с уменьшением широты возрастают медленнее, чем на картах в центральной полярной проекции. Например, на широте 80° они меньше 1 %, а на широте 75° меньше 2%;
- ортодромия незначительно изгибается в сторону экватора и практически на расстоянии до 1000 км прокладывается в виде прямой линии;
- локсодромия представляет собой кривую и прокладывается так же, как и на картах конической проекции.

На картах в стереографической проекции нанесены условные меридианы, параллельные меридиану Гринвича (красным цветом) и меридиану 90° восточной долготы (синим цветом). В этой проекции издаются полетные и бортовые карты Арктики и Антарктики масштабов 1 : 2 000 000, 1 : 3 000 000 и 1:4 000 000. Некоторая часть карт стереографической полярной проекции строится так, что картинная плоскость сечет глобус по параллели 70° . На таких картах искажения длин вблизи параллели 70° незначительные.

Для учета искажения длин на карте вдоль одного из меридианов и вдоль сторон внутренних рамок нанесены шкалы расстояний в переменном масштабе от полюса и от меридианов 0 и 90° или 90 и 180° . Измерение при помощи этих шкал производится следующим образом. Измеряемый участок переносится на одну из шкал, которая ближе по направлению к данному участку. Перенос выполняют таким образом, чтобы средняя точка участка двигалась вдоль своей параллели. Затем на шкале производится отсчет расстояний, соответствующих крайним точкам измеряемого участка, и берется их разность, которая будет равна искомой длине.

§8. Разграфка и номенклатура (обозначение) карт

Каждая карта издается на отдельных листах, имеющих определенные размеры по долготе и широте и представляющих части общей карты целого государства, материка, всего мира.

Система деления общей карты на отдельные листы называется ее **разграфкой**, а система обозначения листов — **номенклатурой**. Каждому листу карты в зависимости от масштаба по определенному правилу присваивается свое буквенное и числовое обозначение, что позволяет легко и быстро подбирать нужные листы карты для их склейки и подготовки к полету.

В практике применяются две системы разграфки карт: международная (для карт масштаба 1:1000000 и крупнее) и прямоугольная (для карт мелких масштабов). В международной разграфке общая карта делится на отдельные листы так, что рамками (границами) листов служат меридианы и параллели. При прямоугольной разграфке общая карта делится на листы, имеющие форму прямоугольника. Рамка

такого листа не совпадает с меридианами и параллелями.

Международная разграфка и номенклатура карты масштаба 1 : 1 000 000 выполнены следующим образом. Вся поверхность земного шара от экватора к северу и к югу до широт 88° делится на 22 пояса в каждом полушарии. Каждый пояс занимает по широте 4° и обозначается заглавной буквой латинского алфавита А, В, С и т. д. от экватора к полюсам. Районы Северного и Южного полюсов от 88 до 90° широты изображаются на отдельных листах, обозначенных буквой Z. Поверхность земного шара делится на 60 колонок, каждая колонка занимает 6° по долготе и обозначается арабскими цифрами. Счет ведется от меридиана 180° с запада на восток. В результате такого деления получают листы карт размером 4° по широте и 6° по долготе.

Таким образом, номенклатура листа карты масштаба 1 : 1 000 000 (миллионки) состоит из заглавной буквы латинского алфавита и номера, написанного арабскими цифрами (рис. 2.11), например, N — 37 (Москва), М — 36 (Киев). Она указывается на верхнем обрезе листа. В нижней части листа изображается схема расположения прилегающих листов.

Лист карты масштаба 1 : 1 000 000 принят за основу разграфки и номенклатуры листов карт масштабов 1 : 500 000; 1 : 200 000 и 1 : 100 000. Листы этих карт получают путем деления листа карты масштаба 1 : 1 000 000 на части и имеют установленные схемы расположения. Для обозначения листов применяются буквы русского алфавита, римские и арабские цифры.

Так, разграфка карт масштаба 1 : 500 000 получается делением листа миллионки на четыре равные части, каждая из которых обозначается заглавной буквой русского алфавита: А, Б, В и Г (рис. 2.12). Лист карты масштаба 1 : 500 000 имеет размеры 2° по широте и 3° по долготе. Номенклатура листа такой карты (пятикилометровки) состоит из номенклатуры листа миллионки и заглавной буквы русского алфавита, например N-37-Г.

Разграфка листов карт масштаба 1 : 200 000 получается путем деления листа миллионки на 36 равных частей (6 рядов и 6 колонок), которые нумеруются римскими цифрами от I до XXXVI. Лист карты масштаба 1 : 200 000 (двухкилометровки) занимает 40' по широте и 1° по долготе. Номенклатура листа двухкилометровки состоит из номенклатуры листа миллионки с добавлением соответствующего номера, написанного римскими цифрами, например, N-37-XXXVI.

Для получения листов карты масштаба 1 : 100 000 лист миллионной карты делят на 144 равные части (12 рядов и 12 колонок), которые нумеруются арабскими цифрами от 1 до 144. Лист карты масштаба 1 : 100 000 имеет размеры 20' по широте и 30' по долготе. Номенклатура листа карты масштаба 1 : 100 000 состоит из номенклатуры листа миллионки и соответствующего номера, написанного арабскими цифрами, например N-37-140.

Для карт мелких масштабов (1 : 2 000 000; 1 : 2 500 000 и 1 : 4 000 000) установлена своя номенклатура листов.

Для получения листа карты масштаба 1 : 2 000 000 общую карту также делят на пояса и колонки. Пояса обозначаются заглавными буквами русского алфавита, а колонки нумеруются римскими цифрами. Счет поясов ведется к югу от северной широты 76°, а колонок — на восток от западной долготы 12°. Лист такой карты имеет размер 12° по широте и 18° по долготе (занимает девять листов



Рис 2.11. Номенклатура карты масштаба 1:1 000 000

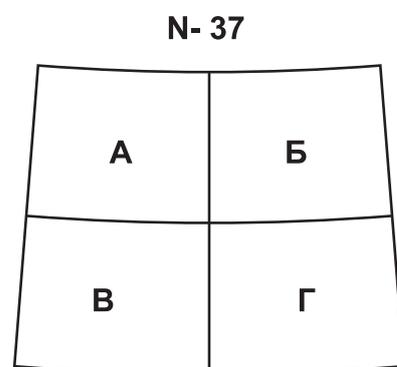


Рис 2.12. Номенклатура карты масштаба 1:500 000

карты масштаба 1 : 1 000 000), а его номенклатура состоит из буквы русского алфавита и номера, написанного римскими цифрами, например А-III (Мурманск).

Для полимаршрутных карт масштаба 1 : 2 000 000 принята прямоугольная разграфка. Пояса общей карты обозначены заглавными буквами русского алфавита со штрихами, а колонки - римскими цифрами. Листы полимаршрутной карты нарезаются так, что на каждом из них изображается значительно больший район, чем на листе обычной карты масштаба 1 : 2 000 000, т. е. с перекрытием. Номенклатура листа полимаршрутной карты состоит из буквы русского алфавита со штрихом и римской цифры, например Б'-III (Мурманск, Москва, Киев).

Номенклатура листов карты масштаба 1 : 4 000 000 состоит из заглавной буквы русского алфавита, обозначающей пояс, и арабской цифры, обозначающей номер колонки, например А—2 (Москва). Лист такой карты имеет размеры 24° по широте и 36° по долготе (занимает четыре листа карты масштаба 1 : 2 000 000).

§9. Содержание карт

Содержанием (нагрузкой) карты называется степень отражения топографических элементов местности на ней. Полнота отражения действительной картины местности зависит главным образом от масштаба и назначения карты. При составлении карт на них наносят лишь те элементы местности, которые необходимы при пользовании данными картами.

На авиационные карты наносят гидрографические объекты (моря, озера, водохранилища, реки и каналы), крупные населенные пункты и дорожную сеть. Эти элементы наносят на карты более отчетливо, чем другие детали местности, так как они являются надежными ориентирами, позволяющими вести в полете визуальную и радиолокационную ориентировку. На карты наносят также лесные массивы, болота, пески, рельеф местности, изогоны и магнитные аномалии. На некоторые авиационные карты, кроме топографических элементов местности, наносят специальную нагрузку, которая включает линии воздушных трасс с их навигационной разметкой, границы РДС и другие данные, необходимые для выполнения полетов.

Элементы местности изображаются на картах условными знаками, которые делятся на контурные (масштабные), внемасштабные, линейные, пояснительные и знаки, изображающие рельеф.

Контурные (масштабные) условные знаки применяются для изображения элементов местности, которые по своим размерам могут быть выражены в масштабе карты. Такие знаки носят и другое название - масштабные; с их помощью изображают моря, озера, болота, леса, крупные города и т. п. **Внемасштабные** условные знаки применяют для изображения элементов местности, которые не могут быть выражены в масштабе карты. Эти условные знаки применяются для изображения мостов, километровых столбов, заводских труб, мачт РВС, аэродромов и т. п.

Некоторые объекты, изображенные на карте крупного масштаба контурными условными знаками, на карте мелкого масштаба показываются внемасштабными условными знаками. Например, небольшие населенные пункты на картах крупного масштаба изображаются со всеми подробностями, т. е. масштабными условными знаками. На картах мелкого масштаба эти же пункты изображаются в обобщенном виде, т. е. внемасштабными условными знаками.

Линейными условными знаками изображают реки, каналы, железные, шоссейные и грунтовые дороги, нефте- и газопроводы и т. п. На карты они наносятся обычно вне масштаба. Пояснения некоторым линейным условным знакам обычно дают под нижней рамкой листа карты. Линейные условные знаки позволяют определять, как правило, лишь длину ориентиров.

Пояснительные условные знаки применяются для дополнительной характеристики элементов местности, изображенных на карте. Эта группа знаков включает различные надписи и цифры. На карте указываются названия населенных пунктов, рек и озер, высоты отдельных точек рельефа, значения широт и долгот и т. п.

Изображение рельефа местности на картах. Решение задач по обеспечению безопасности самолетовождения требует знания рельефа местности. На картах он может изображаться горизонталями,

отметками высот, отмывкой и гипсометрическим способом. Изображение рельефа горизонталями является наиболее точным.

Горизонталями называются замкнутые кривые линии, соединяющие на карте точки с одинаковой высотой относительно уровня моря. За начало отсчета высот у нас в стране принят уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока). Горизонтали обозначаются соответственно высотам, причем основание цифр направлено в сторону понижения ската. Проводятся они через определенное целое число метров по высоте. Разность высот между двумя смежными горизонталями называют **высотой сечения** горизонталей, которая зависит от масштаба карты и рельефа местности. Чем мельче масштаб карты, тем больше высота, сечения и наоборот.

В горных районах во избежание затемнения карты высоты сечения горизонталей больше, а в равнинной местности для наглядности изображения рельефа - меньше. Высота сечения горизонталей указывается на нижнем обрезе карты. По взаимному расположению горизонталей можно судить о крутизне местности. Чем ближе одна горизонталь к другой, тем скат круче. Расстояние между соседними горизонталями на карте называется **заложением**. Кроме высот горизонталей, на картах обозначаются высоты отдельных точек рельефа местности.

Отметки высот указывают высоту над уровнем моря наиболее характерных точек местности. Высоты отдельных точек рельефа на картах подписывают цифрами черного цвета, а их место обозначается условным знаком. Отметки высот позволяют быстро находить наибольшие высоты рельефа по трассе полета и определять относительно превышение одних точек местности над другими.

Способ отмывки применяется для изображения рельефа в горных районах посредством оттенения неровностей местности. Тени накладывают темно-серой краской на юго-восточных скатах, предполагая, что источник освещения находится в северо-западной части карты. Чем местность выше и крутизна ската больше, тем окраска темнее и наоборот. При отмывке изображение рельефа на карте получается более отчетливым и наглядным, что позволяет быстро определять общий характер местности и взаимное расположение неровностей. Улучшая наглядность изображения рельефа, отмывка не дает возможности определить точно ни направление, ни крутизну скатов. Этот способ при всей его простоте и наглядности дает лишь общее представление о рельефе и не позволяет определять высоты отдельных точек местности.

Изображение рельефа **гипсометрическим способом** заключается в том, что изображаемый рельеф раскрашивается послойно красками различного тона от бледно-желтого до темно-коричневого. Тон окраски зависит от высоты рельефа. Чем выше рельеф, тем темнее тон и наоборот. Гипсометрическая окраска высот создает впечатление рельефности и наглядно дает представление об общем изменении рельефа. Установленная шкала тонов наносится на нижнем обрезе карты. При помощи этой шкалы и тона раскраски можно определить общую высоту рельефа в данном месте карты.

Каждый из рассмотренных способов изображения рельефа имеет определенные преимущества и недостатки. Поэтому на некоторых картах рельеф изображают путем сочетания основного и наиболее точного способа горизонталей со способом отмывки или с гипсометрическим способом.

Определение высот и взаимного превышения точек местности по карте. Абсолютные высоты точек местности определяют на карте по высотным отметкам или по горизонталям. Если точка расположена на горизонтали, то ее высота равна отметке горизонтали. Если точка расположена между горизонталями, то ее высота равна отметке нижней горизонтали плюс превышение точки над этой горизонталью, которое определяется на глаз путем интерполирования. Взаимное превышение точек местности равно разности их абсолютных высот.

Определение крутизны ската. Полеты на вертолетах с площадки, имеющей уклон более 5° в продольном и 3° в поперечном направлениях, запрещаются. Для оценки пригодности площадки нужно знать крутизну ската. Крутизна ската может быть определена по шкале заложений или путем расчета.

Шкала заложений наносится на картах крупного масштаба под нижней стороной рамки карты. Вдоль горизонтального основания этой шкалы подписаны цифры, означающие крутизну ската в градусах. На перпендикулярных линиях к основанию отложены соответствующие им заложения.

Для определения крутизны ската по шкале заложений необходимо:

- измерить циркулем или линейкой расстояние между двумя смежными основными горизонталями в заданном месте карты;
- приложить измеренное расстояние к шкале заложений так, чтобы один конец касался основания шкалы, а другой—верхней кривой линии;
- отсчитать у основания шкалы крутизну ската в градусах. На крутых скатах, где горизонтали проходят близко одна от другой, крутизну удобнее определять по утолщенным горизонталям. Для этого имеется соответствующая шкала. Путем расчета крутизна ската определяется по формуле

$$\operatorname{tg} a = h/S,$$

где h — высота сечения горизонталей; S — величина заложения.

Указанная формула решается на НЛ. Для этого нужно треугольный индекс шкалы 4 подвести на величину заложения, взятую по шкале 5. Затем против высоты сечения, взятой по этой же шкале, отсчитать крутизну ската по шкале 4.

Расцветка и оформление листов карт. Авиационные карты печатаются многокрасочными, что повышает их наглядность. Печатание условных знаков различными красками придает карте выразительность и обеспечивает выделение на первый план тех элементов местности, которые более всего важны и необходимы летному составу как при подготовке к полету, так и при его выполнении. Многие цвета условных знаков соответствуют окраске изображаемых ими элементов местности и тем самым облегчают чтение карты. Водные пространства закрашены на картах синей или голубой краской, леса — зеленой, рельеф — коричневой, железные дороги — черной, шоссейные дороги и автострасы — красной. Каждый цвет на карте выступает при этом в роли условного обозначения и тем самым облегчает пользование картой.

Карты издаются отдельными листами. Каждый лист в зависимости от масштаба имеет определенные размеры. По краям лист карты ограничен рамкой, на внутренней части которой указано значение долготы меридианов и широты параллелей, а также нанесены деления частей дуги меридиана и параллели. В верхней части листа карты дается название главного населенного пункта, изображенного на данном листе, и номенклатура этого листа. В нижней части листа карты указываются численный и линейный масштабы карты, ее проекция, год издания, использованный для составления данной карты материал, год, которому соответствуют значения изогон, шкала высот сечения горизонталей, гипсометрическая шкала, схема расположения прилегающих листов и некоторые условные знаки с объясняющим их текстом. Для грамотного пользования картой рекомендуется предварительно ознакомиться со сведениями, указанными в зарамочном оформлении карты.

§10. Классификация авиационных карт по назначению

По своему назначению карты, применяемые в гражданской авиации, делятся: на *полетные*, применяемые для самолетовождения по трассам (маршрутам) и районам полетов; на *бортовые*, применяемые для самолетовождения в случае выхода за пределы полетной карты, а также для определения места самолета в полете с помощью радиотехнических и астрономических средств; на *специальные* (карты магнитных склонений, часовых поясов, бортовые карты неба, карты для определения места самолета по радиомаякам ВРМ-5 и т. п.).

Основными полетными картами, применяемыми для самолетовождения в гражданской авиации РФ, являются карты масштаба 1 : 1 000 000 и 1 : 2 000 000. При выполнении специальных полетов, связанных с отысканием мелких объектов на местности, не показанных на перечисленных выше картах, применяют крупномасштабные карты 1 : 500 000 и крупнее. Для радиопеленгации и применения астрономических средств в полете пользуются картами масштаба 1 : 2 000 000 и 1 : 4 000 000.

Карты, применяемые для самолетовождения. Для самолетовождения в гражданской авиации применяются следующие карты.

Карта масштаба 1 : 200 000 применяется при выполнении специальных задач. Составлена в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции. На карту нанесены все имеющиеся на местности населенные пункты, железные, шоссейные и основные проселочные дороги, рельеф и другие важные элементы земной поверхности. Вместо сетки меридианов и параллелей нанесена сетка прямоугольных координат.

Карта масштаба 1: 500 000 используется в качестве полетной карты при выполнении специальных полетов. Составлена в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции. По содержанию она достаточно подробна. На карту нанесено 30—68% ориентиров от общего их количества.

Карта масштаба 1:1 000 000 является основной полетной картой для самолетов 4-го класса и вертолетов всех классов. Составлена в видоизмененной поликонической проекции. На карту нанесены наиболее важные населенные пункты, главные дороги и реки. Число нанесенных ориентиров составляет примерно 8—15% от общего их количества.

Аэронавигационная карта масштаба 1 : 2 000 000 применяется как основная полетная карта для самолетов 1, 2 и 3-го классов и как бортовая карта для самолетов 3-го и 4-го классов и вертолетов всех классов, составлена в видоизмененной поликонической проекции. На карту нанесены только основные ориентиры в количестве 1—4% от общего их числа на местности.

Полимаршрутная полетная карта масштаба 1 : 2 000 000 предназначена для обеспечения полетов по воздушным трассам РФ, составлена в видоизмененной поликонической проекции. На карту нанесены воздушные трассы с их навигационной разметкой. Листы полимаршрутных карт имеют широкие полосы перекрытия, что позволяет пользоваться ими в полете без склейки. На листах полярных и приполярных районов нанесена сетка условных меридианов.

Аэронавигационные карты Арктики и Антарктики масштабов 1 : 2 000 000 и 1: 4 000 000 используются для обеспечения полетов в полярных районах. Составляются в равноугольной стереографической полярной проекции. На этих картах нанесена сетка условных меридианов.

Аэронавигационная карта масштаба 1 : 4 000 000 применяется как бортовая карта для самолетов 1-го и 2-го классов, составляется в видоизмененной поликонической, косой цилиндрической и конической проекциях. На карту нанесены только наиболее крупные населенные пункты, реки, озера и основные пути сообщения. Нанесенные на карту ориентиры составляют всего 0,2—0,6% от общего их количества.

Специальные бортовые карты масштаба 1 : 4 000 000 издаются для использования радиомаяков ВРМ-5 в 6 районах морей северного и восточного бассейнов. Карта составлена в видоизмененной поликонической проекции, на ней указаны точки расположения радиомаяков ВРМ-5, их позывные и частоты, а также нанесены линии радиопеленгов от радиомаяков.

11. Сборные таблицы, подбор и склеивание необходимых листов карт

Сборные таблицы предназначены для подбора листов карт и быстрого определения их номенклатуры. Они представляют собой схематическую карту мелкого масштаба с обозначенной на ней разграфкой и номенклатурой листов карт одного, а иногда двух-трех масштабов. Для облегчения выбора нужных листов карт на сборных таблицах указаны названия крупных городов. Сборные таблицы издаются на отдельных листах.

На борту самолета экипаж обязан иметь полетную и бортовую карты. Подбор необходимых листов этих карт производят в соответствии с полученным заданием. Листы полетной карты подбираются так, чтобы они охватывали район полета в полосе не менее чем по 100 км в обе стороны от заданного маршрута для самолетов 4-го класса и вертолетов всех классов и не менее чем по 200 км для самолетов 1, 2 и 3-го классов.

Для определения места самолета с помощью радиотехнических и астрономических средств, а также на случай восстановления ориентировки, обхода опасных метеорологических явлений и полета

на запасные аэродромы экипаж воздушного судна обязан иметь на борту подготовленную бортовую карту. Листы бортовой карты должны охватывать район в полосе не менее чем по 700 км для самолетов 1-го и 2-го классов и не менее чем по 400 км для самолетов 3-го и 4-го классов и вертолетов всех классов в обе стороны от заданного маршрута и обеспечивать выход на запасные аэродромы.

Необходимые листы карт подбирают по сборной таблице. Для этого на сборной таблице проводят тонкой линией маршрут полета и отмечают необходимую ширину полосы для полетной и бортовой карт. Затем выписывают номенклатуру тех листов, через которые проходят нанесенные полосы. После подбора необходимых листов карты нужно убедиться в правильности их подбора, а затем приступить к склейке листов.

Листы карты склеивают следующим образом: северные листы наклеиваются на южные, а западные — на восточные. В соответствии с этим правилом нужно обрезать восточные и южные поля наклеиваемых листов. При такой обрезке края листов не будут отдираться при прокладке карандашом линий, которые обычно проводятся слева направо и сверху вниз. Склейку листов следует вести в таком порядке. Сначала накладывают верхний лист обратной стороной на нижний. Затем смазывают края обоих листов тонким слоем клея, после чего верхний лист переворачивают и аккуратно накладывают на северное поле нижнего листа, точно совмещая при этом меридианы и линейные ориентиры, переходящие с одного листа на другой. Добившись совпадения меридианов и линейных ориентиров, расположенных на склеиваемых листах, прижимают наклеиваемый лист и несколько раз проводят по месту склейки чистым обрезком бумаги. При склеивании листов карты рекомендуется сначала склеивать листы колонок, а затем колонки склеивать между собой.

После склейки листов и прокладки маршрута на карте ее складывают так, чтобы было удобно пользоваться. Для этого намечают нужную полосу карты, лишние края подгибают. Полученная полоса карты складывается в «гармошку». Переворачивая звенья «гармошки», как страницы книги, можно быстро, не прибегая к полному разворачиванию карты, найти тот район, который нужен для обзора.

§12. Работа с картой

Определение координат пункта по карте. В практике самолетовождения приходится производить некоторые расчеты по географическим координатам пунктов или устанавливать эти координаты на различных навигационных приборах. Для определения координат пункта по карте необходимо: провести через заданный пункт отрезки прямых, параллельных ближайшей параллели и ближайшему меридиану; в точках пересечения этих отрезков с меридианом и параллелью отсчитать искомые широту и долготу заданной точки. Для отсчета координат используют оцифровку параллелей и меридианов и их разбивку на минуты дуги, выполненную на листе карты.

При отсутствии на листе карты дополнительной разбивки сетки меридианов и параллелей на минуты дуги поступают следующим образом. С помощью масштабной линейки или циркуля измеряют расстояния от заданной точки до ближайших параллели и меридиана. Затем эти расстояния переносят на рамку карты, где и отсчитывают координаты точки.

Нанесение точек на карту по заданным координатам. Для нанесения точки на карту по заданным географическим координатам необходимо: приложить линейку к делению широты заданной точки и провести карандашом линию, параллельную ближайшей параллели; приложить линейку к отсчету долготы заданной точки и провести линию, параллельную ближайшему меридиану. Пересечение двух проложенных линий укажет заданную точку.

Измерение расстояний на карте. На современных полетных картах искажения длин настолько незначительны, что не имеют практического значения при большинстве навигационных расчетов. Поэтому при измерении расстояний на карте пользуются только главным масштабом. Расстояния на карте измеряются при помощи масштабной линейки, на которой нанесены шкалы, соответствующие нескольким масштабам карт. Чтобы измерить расстояния на карте между двумя пунктами, необходимо наложить масштабную линейку так, чтобы нуль шкалы расположился в центре одного из пунктов, а против центра другого пункта произвести отсчет расстояния. В тех случаях, когда на линейке нет

шкалы, соответствующей масштабу данной карты, расстояние между пунктами определяют следующим образом. С помощью линейки измеряют расстояние на карте между пунктами в сантиметрах, а затем, зная масштаб данной карты, подсчитывают в уме, чему равно это расстояние на местности в километрах.

В полете не всегда имеется время и возможность пользоваться масштабной линейкой, поэтому летный состав должен уметь визуально определять расстояния на карте. Для этого необходимо запомнить длину отрезков в 1; 5 и 10 см и уметь на глаз оценить отрезок прямой любой другой длины. Расстояния определяются с учетом масштаба данной карты. За единицу глазомерного измерения расстояния можно брать также длину одного градуса меридиана, равную 111 км. Чтобы облегчить определение расстояний на карте на глаз, рекомендуется запомнить, какой длине в сантиметрах соответствует ширина ладони, раствор большого и указательного пальцев и т. д.

Хороший глазомер не только облегчает и ускоряет определение расстояний на карте, но и помогает избежать грубых ошибок при инструментальном измерении. Штурманский глазомер должен развиваться систематическими тренировками с проверкой результатов инструментальным способом.

Измерение направлений на карте. В самолетовождении принято измерять направление полета на карте относительно северного направления истинного меридиана. Заданное направление полета определяется заданным истинным путевым углом (ЗИПУ). Истинные путевые углы на карте измеряются с помощью транспортира, который представляет собой треугольник из прозрачного целлулоида с двумя шкалами.

Для измерения ЗИПУ на карте необходимо соединить прямой линией заданные пункты; направить прямой угол транспортира в сторону полета; наложить центр транспортира на середину линии пути так, чтобы линия транспортира $0—180^\circ$ была параллельна ближайшему меридиану карты; отсчитать ЗИПУ против пересечения линии заданного пути со шкалой транспортира.

Если прямой угол транспортира направлен к востоку, то отсчет путевого угла производится по внешней шкале ($0—180^\circ$), а если к западу, то по внутренней шкале ($180—360^\circ$).

Заданным истинным путевым углом называется угол, заключенный между северным направлением истинного меридиана и направлением линии заданного пути (ЛЗП). Отсчитывается от северного направления истинного меридиана до ЛЗП по часовой стрелке от 0 до 360° .

Путевые углы измеряются по среднему меридиану, потому что на полетных картах меридианы непараллельны друг другу. При пересечении линией пути трех-четырех меридианов путевые углы у каждого из этих меридианов получаются разные, причем разность в углах, измеренных у крайних меридианов, достигает $2—3^\circ$. Измеренный по среднему меридиану путевой угол является локсодромическим путевым углом.

Чтобы не допустить ошибки при измерении путевых углов, следует запомнить основные направления.

В летной практике необходимо уметь быстро и точно определять направления на карте не только с помощью транспортира, но и на глаз. Для этого нужно правильно представлять себе основные направления, а также уметь откладывать глазомерно углы величиной в 5 и 10° .

Пользование картами крупного масштаба. По своему устройству карты крупного масштаба отличаются от обычных навигационных карт. Поэтому пользование этими картами имеет некоторые особенности.

Прямоугольная координатная сетка и ее назначение. На картах масштаба $1 : 200\,000$ и крупнее вместо сетки меридианов и параллелей нанесена прямоугольная координатная сетка, представляющая собой систему вертикальных и горизонтальных линий. Линии, образующие координатную сетку, отстоят одна от другой на целое число километров, поэтому эти линии называют километровыми линиями, а сетку — километровой.

Прямоугольная координатная (километровая) сетка позволяет наносить на карту, а также определять и указывать по ней положение любой точки на местности в прямоугольных координатах.

Вертикальные линии сетки проведены параллельно осевому (среднему) меридиану зоны, а горизонтальные — экватору. Оцифровка горизонтальных линий указывает расстояние от экватора по осевому меридиану зоны и обозначает координату X данной точки. К северу от экватора координату X принято считать положительной, а к югу — отрицательной.

Оцифровка вертикальных линий обозначает координату Y , отсчет которой ведется в пределах каждой зоны от осевого меридиана к востоку и западу. Для того чтобы избежать обращения с отрицательными значениями Y , осевой меридиан зоны принято считать не за нуль, а за 500 км, в результате чего координата Y в пределах зоны будет положительной величиной, стой лишь разницей, что к востоку от осевого меридиана она будет больше 500 км, а к западу меньше 500 км.

Одни и те же координаты могут повторяться во всех 60 зонах земного шара. Чтобы можно было определить, к какой зоне откосится данная точка, впереди цифрового значения координаты Y приписывается номер зоны. Следовательно, если даны координаты точки M $X = 5882$ и $Y = 2638$, то это значит, что точка находится на расстоянии 5882 км к северу от экватора во второй зоне восточнее осевого меридиана на 133 км ($633 - 500 = 133$). Координаты линий данного листа пишут за внутренней рамкой листа, причем около углов рамки их пишут полностью, а в промежутках — последние две цифры, обозначающие десятки и единицы километров.

Определение по карте прямоугольных координат точки производится в следующем порядке. С помощью линейки находят расстояние в метрах по перпендикуляру от нижней километровой линии до данной точки. Затем таким же образом определяют расстояние от левой километровой линии, после чего к полученным расстояниям приписывают слева оцифровку соответствующих километровых линий. Такая запись дает значение координат X и Y данной точки. Например координаты: $X = 5882\ 520$, $Y = 2\ 640\ 850$.

При склейке листов карты одной зоны все линии сетки, проведенные на одном листе, будут совпадать с продолжением тех же линий на других листах. В этом случае склеенные листы будут иметь общую километровую сетку. При склейке листов карты, находящихся на стыке двух зон, километровые линии одного листа не совпадают с линиями другого. Происходит это вследствие того, что при смыкании листов соседних зон происходит наклон координатных сеток этих зон. Поэтому для удобства работы на стыке двух зон на листах карты, расположенных в пределах 2° к востоку и западу от границы зоны, наносят, кроме километровой сетки своей зоны, также выходы километровой сетки соседней зоны, так называемой дополнительной сетки. Подписи этой сетки делаются с наружной стороны внешней рамки. Чтобы пользоваться на стыке зон единой системой координат, необходимо по выходам на внешней рамке построить дополнительную сетку. Для этого на листах карты одной зоны соединяют прямыми линиями противоположные концы одноименных километровых линий сетки соседней зоны. Вновь построенная сетка будет являться продолжением километровой сетки соседнего листа и полностью должна совпадать с ней при склейке.

Определение географических координат точек. Сторонами рамок листов карт крупного масштаба являются меридианы и параллели. Долготы меридианов и широты параллелей указываются только на углах рамок карт. Между внутренней и внешней рамками листов нанесена шкала с делениями через одну минуту. Каждое минутное деление разбито точками через $10''$. Чтобы определить географические координаты какой-либо точки, необходимо соединить ближайшие к этой точке одноименные минутные деления прямыми линиями по параллели и по меридиану. При этом проведенная параллель проводится южнее данной точки, а меридиан западнее. Затем с помощью циркуля определяют секундные деления от проведенных параллели и меридиана до заданной точки. Определив величину этих отрезков в секундах и сложив ее со значением проведенных параллели и меридиана, получают географические координаты точки.

Измерение направления. Для измерения направления на картах крупного масштаба пользуются километровой сеткой. Угол, измеренный относительно северного направления вертикальной километровой линии, называется - *дирекционным углом* (α). Чтобы определить направление

относительно истинного меридиана(рис 2.13), необходимо в значении дирекционного угла учесть сближение меридианов, а для определения направления относительно магнитного меридиана — поправку направления.

Сближение меридианов (σ)— это угол между истинным меридианом данной точки карты и вертикальной километровой линией. **Поправка направления** (Δ_n) — это угол, заключенный между магнитным меридианом и направлением вертикальной километровой линии. Она равна алгебраической разности сближения меридианов и магнитного склонения. Данные о величине сближения меридианов для средней точки листа карты, магнитного склонения и поправки направления указываются под южной рамкой карты и, кроме того, изображаются графически. Переход от дирекционного угла к истинному и магнитному азимутам производится по формулам:

$$A = \alpha + (\pm \sigma); A_m = \alpha + (\pm \Delta_n);$$

$$A_m = A - (\pm \Delta_m); \Delta_n = (\pm \sigma) - (\pm \Delta_m).$$

Для измерения дирекционного угла необходимо наложить транспортир на карту так, чтобы его диаметральной линией совпала с вертикальной километровой линией, а центр транспортира совпал с точкой пересечения этой линии с линией заданного направления. Отсчет по шкале транспортира даст величину искомого дирекционного угла. Азимут направления рассчитывается по указанным выше формулам.

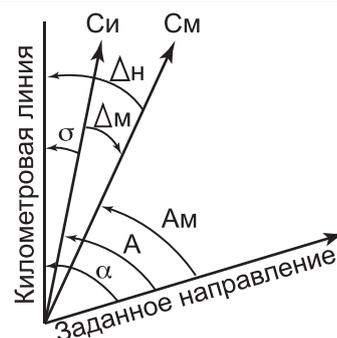


Рис 2.13. Измерение направления на карте крупного масштаба

Раздел II

Навигационные элементы полета и их расчет.

Глава 3

Время и его измерение.

Измерение времени является одной из сложных практических задач, которая решается астрономическими методами. Время имеет большое значение в жизни человека. Особенно велика роль точного времени в практике ВН, в руководстве полетами, организации взаимодействия авиации с другими родами войск, в обеспечении безопасности полетов к, главным образом, при использовании астрономических средств ВН.

Знание методов измерения времени и умение точно его определять позволяет летчику успешно решать все навигационные задачи.

§1. Понятие о времени.

Местное, поясное, зимнее, летнее время и связь между ними.

Время является скалярной непрерывно изменяющейся величиной. Отсчет времени ведется от некоторого начального момента, выбор которого в каждом случае устанавливается. Всякий данный момент времени (T) определяется числом единиц времени, прошедших от начального момента до данного. Для измерения времени используют астрономические методы, в основе которых лежат явления, связанные с движением небесных светил. Измерение времени основано на обращении Земли вокруг Солнца, и вращении ее вокруг своей оси.

Период обращения Земли вокруг Солнца называется годом, а промежуток времени, в течение которого Земля совершает полный оборот вокруг своей оси относительно какой-нибудь точки на небесной сфере, называется сутками.

Сутки делятся на 24 часа; час - на 60 минут; минута - на 60 секунд.

Итак, единицами измерения времени являются: год, сутки, час, минута, секунда.

В астрономии годом считается промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия. Такой год называют тропическим. Он равен 365,242 суток. Наблюдая с Земли, мы видим, что Солнце все время перемещается по небесной сфере. Это движение является отражением обращения Земли вокруг Солнца.

Большой круг на небесной сфере, по которой происходит видимое годовое движение Солнца, называется *эклиптикой*. Эклиптика пересекается с небесным экватором в двух точках, которые называются точками *весеннего и осеннего равноденствия*. Солнце в этих точках бывает соответственно 21 марта и 23 сентября. В эти дни на всех широтах Земли день равен ночи.

Кроме тропического, в астрономии различают сидерический или звездный год. Это промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра диска Солнца в его видимом движении по небесной сфере одного и того же места относительно звезд. Его продолжительность равна 365,256 суток. Разница между продолжительностью тропического и звездного года происходит за счет явления прецессии точки весеннего равноденствия.

В гражданской жизни применяется гражданский год, воспроизводящий с большой точностью тропический год. В гражданском календаре предусматривается чередование простых (365 суток) и високосных (366 суток) годов.

За основную единицу измерения времени приняты *звездные сутки* - период между двумя последовательными верхними кульминациями звезды (точки весеннего равноденствия). Звездные сутки составляют 23ч 56 мин 4,1 с. Солнце, двигаясь по эклиптике, несколько отстает от суточного вращения небесной сферы. Поэтому звездные сутки короче солнечных на 3 мин. 56 с. Звездное время применяется в авиационной астрономии при определении линий положения и курса самолета по звездам или места самолета (МС) с помощью астрономических систем. В обычной жизни невозможно пользоваться звездным временем, так как вся деятельность человека связана с Солнцем, а не со звездами. И, кроме того, звездные сутки в течение года начинаются в разное время дня и ночи, что также неудобно. Счет времени можно вести по видимому движению Солнца.

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра Солнца называется *истинными солнечными сутками*. Однако и ими пользоваться неудобно, так как продолжительность истинных солнечных суток в течение года не постоянна. Причиной этого является неравномерность движения Солнца по эклиптике и наклон эклиптики к небесному экватору под углом $23^{\circ}27'$. Поэтому условились счет времени вести относительно так называемого среднего Солнца.

Средним Солнцем называется выбранная точка на небесной сфере, равномерно движущаяся по небесному экватору в том же направлении, в котором истинное Солнце движется по эклиптике, и совершающая полный оборот за то же время, что и истинное Солнце.

Промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми кульминациями среднего Солнца называется *средними солнечными сутками*. За начало средних суток на данном меридиане принят момент верхней кульминации среднего Солнца. Продолжительность средних солнечных суток строго постоянна. Они делятся на средние часы, минуты и секунды. Эти единицы времени применяются в физике, механике и в обычной жизни.

Для удобства в практической жизни время отсчитывают от нижней кульминации среднего Солнца (средней полуночи). Такое время называется *гражданским*. Оно отличается от среднего времени ровно на 12 часов. Среднее Солнце проходит небесный меридиан то раньше истинного Солнца, то позже него, и среднее время бывает то больше, то меньше истинного.

На каждом меридиане для наблюдателя, находящегося на земле, будет так называемое местное время.

Местным временем (T_m) называется среднее солнечное время, измеренное относительно меридиана наблюдателя. Местное время для точек, имеющих равную долготу, одинаково. Для точек с разной долготой местное время разное. На меридианах, расположенных к востоку, оно больше, к западу - меньше и различается на разность долгот этих меридианов, выраженную во времени.

Местное время, отсчитываемое от меридиана Гринвича, называется *гринвичским или всемирным*.

Пользоваться местным временем в обычной жизни неудобно, так как при передвижении из одного пункта в другой нужно непрерывно переводить стрелки часов, согласуясь с местным временем каждого пункта. Чтобы этого избежать почти во всех странах пользуются *поясным временем* (T_p). Сущность поясного времени в том, что весь земной шар разделен с запада на восток меридианами на 24 часовых пояса, отличающихся друг от друга по долготе в среднем на 15° .

Каждый пояс имеет свой номер (N): нулевой, первый, второй и т. д. до 23. Нулевой пояс выбран с учетом положения Гринвичского меридиана по середине пояса. Номера поясов возрастают в восточном направлении: разница по долготе между средними меридианами часовых поясов составляет 15° , т.е. разница во времени между каждым поясом составляет 1 час. Внутри пояса установлено единое время, соответствующее местному гражданскому времени среднего меридиана этого пояса. Поскольку средний меридиан каждого пояса отстоит от крайних меридианов на $7,5^{\circ}$, то для пунктов, находящихся

на границах пояса, поясное время отличается от их собственного местного времени на 0,5 ч.

При пересечении границы пояса стрелки часов переставляются ровно на один час в восточном направлении вперед, в западном - назад.

Границы часовых поясов проходят точно по меридиану только в пустынях и океанах. На остальной территории земного шара они обычно проходят по границам административного или государственного деления. На территории нашей страны установлено 11 часовых поясов — со 2-го по 12-й включительно.

Но мы живем не по поясному, а по зимнему и летнему времени. *Зимнее* — это поясное время, увеличенное на один час, *летнее* — это поясное время, увеличенное на два часа. Переход с зимнего на летнее время происходит в последнее воскресенье марта переводом стрелок на час вперед, а с летнего на зимнее — в последнее воскресенье сентября переводом стрелок на час назад.

Местное, поясное, зимнее и летнее время находятся в следующей зависимости:

$$T = T_{гр} \pm \lambda_z^B; \quad T_{п} = T_{гр} + N; \quad T_z = T_{п} + 1; \quad T_{л} = T_{п} + 2.$$

§2. Определение моментов наступления темноты и рассвета.

По условиям естественного освещения сутки делятся на:

- светлую часть (день);
- темную часть (ночь);
- сумерки.

День — часть суток от момента восхода Солнца до момента его захода.

Ночь — часть суток от момента захода Солнца до момента его восхода.

Сумерки — промежуток времени от момента наступления рассвета до момента восхода Солнца (утренние сумерки) и от момента захода Солнца до момента наступления темноты (вечерние сумерки).

Сумерки различают: гражданские; навигационные; астрономические.

Гражданские сумерки - время, когда центр Солнца опустится ниже плоскости истинного горизонта на 6° (вечерние сумерки), или когда центр Солнца не дойдет до плоскости истинного горизонта на 6° (утренние сумерки).

Навигационные сумерки - время, когда центр Солнца опустится ниже плоскости истинного горизонта на 12° (вечерние сумерки), или когда центр Солнца не дойдет до плоскости истинного горизонта на 12° (утренние сумерки).

Астрономические сумерки - время, когда центр Солнца опустится ниже плоскости истинного горизонта на 6° (вечерние сумерки), а момент наступления рассвета — когда центр Солнца не дойдет до плоскости истинного горизонта на 6° (утренние сумерки).

Момент наступления темноты совпадает с вечерними гражданскими сумерками (заход Солнца), а рассвета - утренними гражданскими движениями (восход Солнца).

Для определения моментов восхода и захода Солнца, Луны и других светил, наступления рассвета и темноты применяются Авиационные Астрономические ежегодники. В нем каждому дню года соответствует одна страница Таблиц, в которой даются необходимые исходные данные; кроме того, в нем даны вспомогательные таблицы, приводятся пояснения к решению основных задач авиационной астрономии с помощью ААЕ и графики.

§3. Бортовые часы.

На самолетах установлены часы АЧС-1 и АЧС-1м. Часы типа АЧС-1 и АЧС-1м (авиационные часы с секундомером) состоят из трех механизмов:

- механизма обычных часов;
- механизма времени полета;
- механизма секундомера.

Бортовые авиационные часы предназначены: для определения текущего времени (Т), измерения времени полета (t), измерения коротких промежутков времени (Δt).

Основные технические данные часов АЧС-1м.

Количество камней - 26.

Точность хода при $t=20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ - 20с.

Продолжительность завода - 72ч (3 суток).

Масса — 630 г.

Завод — 1 раз в двое суток.

Шкалы — большая - для отсчета текущего времени и времени работы секундомера;

малая верхняя - время полета;

малая нижняя — шкала секундомера для отсчета времени в минутах.

Кнопки — левая - завод часов, установка точного времени, пуск, остановка и возврат стрелок механизма «время полета»;

правая - пуск и остановка часов; пуск, остановка и возврат стрелок секундомера.

Механизм обычных часов. Завод производится вращением левой головки против хода часовой стрелки. Для перевода стрелок необходимо вытянуть левую головку на себя и вращать ее против хода часовой стрелки. Для установки точного времени необходимо:

1. Остановить часы поворотом правой головки по ходу часовой стрелки-

2. Вытянуть левую головку и вращением ее против хода часовой стрелки установить часовую и минутную стрелки на точное время.

3. В момент подачи сигнала точного времени правую головку повернуть против хода часовой стрелки.

Механизм времени полета. Работа механизма определяется положением сигнализатора, находящегося в окне шкалы.

Положение 1. Пуск механизма нажатием левой кнопки, в окошке появится красный цвет.

Положение 2. Остановка механизма вторым нажатием левой кнопки, в окошке красно-белый цвет.

Положение 3. Возврат стрелок в исходное нулевое положение, в окошке белый цвет.

Механизм секундомера. Работа механизма определяется тремя положениями:

Положение 1. Пуск механизма нажатием правой кнопки.

Положение 2. Остановка механизма вторым нажатием правой кнопки.

Положение 3. Возврат стрелок в исходное положение третьим нажатием правой кнопки.

Подготовка часов к полету состоит в заводе их, установке точного времени, проверке работы механизма времени полета и секундомера и установке их в исходное положение.

Пользование часами в полете:

1. Левую кнопку (время полета) летчик нажимает перед взлетом. Останавливает механизм времени полета, т. е. второй раз нажимает левую кнопку, после посадки и сруливания с ВПП.

2. Правую кнопку (секундомер) летчик использует в полете для отсчета отрезка времени.

Глава 4

Курсы самолета.

§1. Земной магнетизм

Для определения и выдерживания курса самолета наиболее широкое применение находят магнитные компасы, принцип действия которых основан на использовании магнитного поля Земли.

Земля представляет собой большой естественный магнит, вокруг которого существует магнитное поле. Магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими и располагаются не на поверхности Земли, а на некоторой глубине. Условно принимают, что северный магнитный полюс, расположенный в северной части Канады, обладает южным магнетизмом, т. е. притягивает северный конец магнитной стрелки, а южный магнитный полюс, расположенный в Антарктиде, обладает северным магнетизмом, т. е. притягивает к себе южный конец магнитной стрелки. Положение магнитных полюсов очень медленно меняется.

Магнитные силовые линии выходят из южного магнитного полюса и входят в северный. Свободно подвешенная магнитная стрелка устанавливается вдоль магнитных силовых линий. Магнитное поле Земли в любой точке характеризуется напряженностью, склонением и наклоном.

Напряженность магнитного поля Земли — это сила, с которой магнитное поле действует в данной точке. Напряженность магнитного поля Земли измеряется в эрстедах (Э) и гаммах ($\gamma = 10^{-5}\text{Э}$). На экваторе она равна 0,34 Э, на средних широтах 0,4—0,5 Э, на магнитных полюсах 0,79 Э. Вектор напряженности T направлен, под некоторым углом к горизонту.

Магнитным наклоном θ называется угол, на который магнитная стрелка наклоняется относительно плоскости горизонта. На магнитном экваторе наклонение равно 0, а на магнитных полюсах 90°. Для устранения наклона магнитной стрелки в авиационных компасах в Северном полушарии утяжеляют южный конец стрелки, а в Южном — северный или смещают точку подвеса магнитной стрелки. Вектор напряженности магнитного поля T можно разложить на горизонтальную H и вертикальную Z составляющие, которые определяются по формулам:

$$H = T \cos \theta; \quad Z = T \sin \theta.$$

Вертикальная составляющая Z равна 0 на магнитном экваторе и максимальной величине на магнитных полюсах. Горизонтальная составляющая H является той силой, которая устанавливает магнитную стрелку в направлении магнитных силовых линий. На магнитном экваторе эта сила наибольшая, а на магнитных полюсах она равна нулю. Поэтому в полярных районах магнитные компасы работают неустойчиво, что ограничивает, а порой и исключает их применение.

Магнитное склонение. Вследствие того, что магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими, магнитная стрелка устанавливается не по истинному, а по магнитному меридиану.

Магнитным меридианом называется линия, вдоль которой устанавливается свободно подвешенная магнитная стрелка под действием земного магнетизма. Угол, заключенный между северным направлением истинного (географического) меридиана и северным направлением магнитного меридиана, называется **магнитным склонением** Δm (пределы измерения 0—180°) и отсчитывается от истинного меридиана к магнитному в восточном направлении (вправо) со знаком плюс, в западном (влево) со знаком минус. Магнитное склонение для различных пунктов Земли неодинаково по величине и знаку, оно всегда определяется и учитывается экипажем самолета при подготовке и выполнении полета.

Склонение, наклонение, горизонтальная и вертикальная составляющие вектора напряженности магнитного поля Земли являются элементами земного магнетизма, их определяют в процессе магнитных съемок.

Магнитные карты. По результатам магнитных съемок составляются специальные магнитные карты, на которых методом изолиний наглядно представлено распределение элементов земного

магнетизма.

Изолинии - линии, соединяющие точки с одинаковыми численными значениями данной величины. Линии, соединяющие точки с одинаковым магнитным склонением, называются изогонами. Линии, соединяющие точки с одинаковым значением горизонтальной или вертикальной составляющих вектора напряженности магнитного поля Земли, называются **изодинами**. Линии, соединяющие точки с одинаковым наклоном, называются **изоклинами**.

На мировой карте магнитных склонений указаны величина и знак склонения. Изогоны наносятся также на полетные и бортовые карты пунктирными линиями фиолетового цвета. Магнитное склонение используется при расчетах навигационных элементов горизонтальная составляющая H — при оценке устойчивости работы магнитных компасов и при оценке изменения девиации магнитных компасов в дальних рейсах, вертикальная составляющая Z и магнитное склонение — при оценке ускорительных девиаций.

Все элементы земного магнетизма изменяются с течением времени. Магнитное склонение имеет вековые, годовые, суточные и эпизодические изменения. Суточные и годовые изменения достигают в среднем $4\text{--}10'$, вековые $6\text{--}15^\circ$. Карта магнитного склонения составляется с учетом годовых изменений относительно среднего значения определенного отрезка времени в $5\text{--}6$ лет, называемого эпохой магнитной карты. Это избавляет от необходимости каждый раз учитывать годовые изменения магнитного склонения.

Эпизодические или внезапные изменения магнитного склонения носят временный характер с продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток. Эти явления называют **магнитными бурями**. Они вызываются солнечной активностью и чаще наблюдаются в полярных районах.

Кроме изогон, на полетных и бортовых картах указываются магнитные аномалии — районы с резкими и значительными изменениями всех элементов земного магнетизма. Наличие магнитных аномалий связано с залежами магнитных руд в недрах земли. Наиболее мощными аномалиями являются Курская, Криворожская, Магнитогорская, Сарбайская и др. В районах аномалий есть точки, где магнитное склонение доходит до $\pm 180^\circ$. Аномалия влияет на работу магнитного компаса до высоты $1500\text{--}2000$ м, а в районах Курской магнитной аномалии отмечаются случаи ее воздействия на компас на высотах более 2000 м.

§2. Девиация компаса и вариация

Компасным меридианом называется линия, вдоль которой устанавливается магнитная стрелка компаса, находящегося на самолете. Компасный и магнитный меридианы, как правило, не совпадают. **Девиацией компаса** Δ_k называется угол, заключенный между северными направлениями магнитного и компасного меридианов. Она отсчитывается от магнитного меридиана к компасному к востоку (вправо) со знаком плюс, к западу (влево) со знаком минус.

Девиация компаса вызывается действием на стрелку компаса магнитного поля самолета, создаваемого стальными и железными деталями самолета, и электромагнитного поля, возникающего при работе электро- и радиооборудования самолета. Девиация компаса является переменной величиной для каждого курса самолета и компаса. В полете она определяется по графику девиации, помещенному в кабине самолета и составленному при ее списывании.

Вариацией Δ называется угол, заключенный между северными направлениями истинного и компасного меридианов. Отсчитывается она от истинного меридиана к компасному к востоку (вправо) со знаком плюс и к западу (влево) со знаком минус. Вариация равна алгебраической сумме магнитного склонения и девиации компаса и определяется по формуле

$$\Delta = (\pm \Delta_m) + (\pm \Delta_k).$$

§3. Курсы самолета

Курсом самолета называется угол в горизонтальной плоскости между направлением, принятым за начало отсчета, и проекцией на эту плоскость продольной оси самолета. Курс отсчитывается от

направления, принятого за начало отсчета, до продольной оси самолета по ходу часовой стрелки от 0 до 360° (рис. 4.1). В зависимости от начала отсчета различают курсы условный, ортодромический, истинный, магнитный и компасный.

Истинным курсом ИК называется угол, заключенный между северным направлением истинного меридиана, проходящего через самолет, и продольной осью самолета.

Магнитным курсом МК называется угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана, проходящего через самолет, и продольной осью самолета.

Компасным курсом КК называется угол, заключенный между северным направлением компасного меридиана, проходящего через самолет, и продольной осью самолета. Курс самолета определяется и выдерживается с помощью магнитного или астрономического компаса либо с помощью курсовых систем.

Условным курсом УК называется угол, заключенный между северным направлением условного меридиана, проходящего через самолет и продольной осью самолета.

Магнитный компас позволяет определять направления от компасного и магнитного меридианов. На карте направления определяют от истинного меридиана, поэтому при выполнении различных навигационных расчетов приходится переходить от одного курса к другому. Перевод курсов можно осуществлять графически и аналитически.

$$\begin{aligned} \text{МК} &= \text{КК} + (\pm \Delta_{\text{к}}) & \text{КК} &= \text{МК} - (\pm \Delta_{\text{к}}) \\ \text{ИК} &= \text{МК} + (\pm \Delta_{\text{м}}) & \text{МК} &= \text{ИК} - (\pm \Delta_{\text{м}}) \\ \text{ИК} &= \text{КК} + (\pm \Delta_{\text{к}}) + (\pm \Delta_{\text{м}}) & \text{КК} &= \text{ИК} - (\pm \Delta_{\text{к}}) - (\pm \Delta_{\text{м}}) \\ \text{ИК} &= \text{КК} + (\pm \Delta) & \text{КК} &= \text{ИК} - (\pm \Delta) \end{aligned}$$

При решении задач приходится определять магнитное склонение, девиацию компаса и вариацию по формулам: $\Delta_{\text{м}} = \text{ИК} - \text{МК}$; $\Delta_{\text{к}} = \text{МК} - \text{КК}$; $\Delta = \text{ИК} - \text{КК}$.

При переводе курсов необходимо руководствоваться следующими правилами: если определяется магнитный или истинный курс по компасному, то девиация, магнитное склонение и вариация учитываются со своим знаком, т. е. алгебраически прибавляются; если определяется магнитный или компасный курс по истинному, то магнитное склонение, девиация компаса и вариация учитываются с обратным знаком, т. е. алгебраически вычитаются.

Для графического перевода курсов необходимо на листе бумаги провести северное направление меридиана того курса, который дан по условию задачи, затем от него отложить направление продольной оси самолета (значение данного курса). После этого проводятся остальные меридианы с учетом знака девиации и магнитного склонения. Значение искомого курса определяется по схеме.

§4. Путевые углы и способы их определения

Путевым углом называется угол в горизонтальной плоскости между направлением, принятым за начало отсчета, и проекцией на эту плоскость линией пути.

Отсчитывается от северного направления выбранного меридиана до линии пути по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Истинным путевым углом ИПУ называется угол, заключенный между северным направлением истинного меридиана и линией заданного пути.

Магнитным путевым углом МПУ называется угол, заключенный между северным направлением

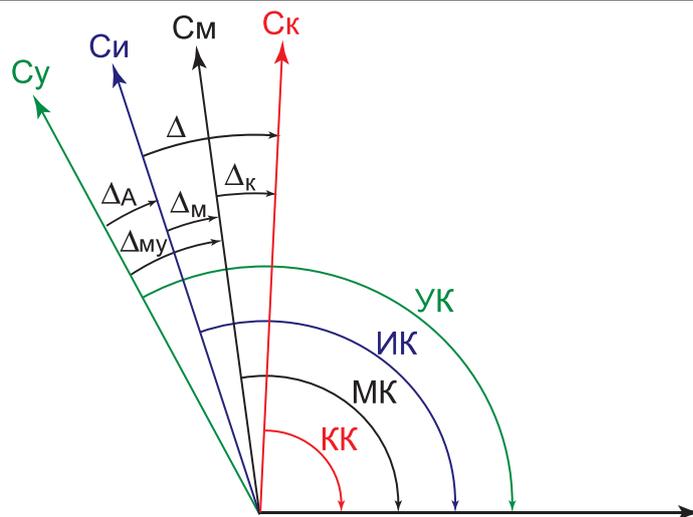


Рис.4.1. Курсы самолета

магнитного меридиана и линией заданного пути.

Условным путевым углом УПУ называется угол, заключенный между северным направлением условного меридиана и линией заданного пути.

§5. Пеленг и курсовой угол ориентира

Магнитным пеленгом ориентира МПО называется угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана и направлением на ориентир: трубу, мачту, радиостанцию и т. д. МПО отсчитывается от северного направления магнитного меридиана до направления на ориентир по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Курсовым углом ориентира КУО называется угол, заключенный между продольной осью самолета и направлением на ориентир. КУО отсчитывается от продольной оси самолета до направления на ориентир по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Между пеленгом, курсом и курсовым углом ориентира существует следующая зависимость:

$$\text{МПО} = \text{МК} + \text{КУО};$$

$$\text{КУО} = \text{МПО} - \text{МК};$$

$$\text{МК} = \text{МПО} - \text{КУО}.$$

§6. Списывание девиации магнитных компасов

Точность определения курса самолета с помощью магнитного компаса зависит от знания девиации и правильности ее учета. Пользоваться магнитным компасом, у которого девиация неизвестна, практически нельзя, так как она может достигать больших значений и привести к ошибкам в определении курса самолета. Девиацию стремятся уменьшить. Для этого компас на самолете располагают вдали от магнитных масс, электро- и радиооборудования. Однако эта мера не позволяет полностью устранить девиацию. Поэтому компасы снабжены девиационными приборами, позволяющими уменьшить девиацию. Остаточная девиация списывается, заносится в график и учитывается при переводе курсов.

Определять и уменьшать девиацию магнитных компасов необходимо после каждой установки на самолете нового компаса или дополнительного оборудования, влияющего на девиацию компасов; после выполнения регламентных работ, при которых снимались отдельные агрегаты дистанционного компаса; при обнаружении в полете ошибок в показаниях компасов.

Определение, уменьшение и списывание остаточной девиации магнитных компасов и определения радиодевиации производятся штурманом корабля (авиаотряда, авиаэскадрильи, аэропорта) при участии специалиста по техническому обслуживанию авиационной техники и под контролем командира воздушного судна.

Глава 5

Высота полета.

§1. Классификация высот полета от уровня измерения.

Высотой полета H называется расстояние до воздушного судна, отсчитанное по вертикали от некоторого уровня, принятого за начало отсчета. Знание высоты полета необходимо экипажу для выдерживания заданного профиля полета и предотвращения столкновения воздушного судна с земной поверхностью и искусственными препятствиями, а также для решения некоторых навигационных задач. Высота полета измеряется в метрах.

В самолетовождении в зависимости от уровня начала отсчета различают следующие высоты полета: истинную, абсолютную и барометрическую (рис. 5.1).

Истинной высотой $H_{ист}$ называется высота полета, измеряемая относительно пролетаемой местности. В горизонтальном полете истинная высота изменяется соответственно изменению рельефа местности.

Абсолютной высотой $H_{абс}$ называется высота полета, измеряемая относительно уровня Балтийского моря.

Барометрической высотой $H_{б}$ называется высота полета, измеряемая относительно изобарической поверхности атмосферного давления, установленного на шкале барометрического высотомера.

Барометрическая высота может быть *относительной* H_0 , если она измеряется относительно давления аэродрома вылета или посадки (используется при полетах на высоте ниже нижнего эшелона в зоне взлета и посадки); *приведенной* $H_{прив}$, если она измеряется относительно минимального давления по трассе полета, приведенного к уровню моря (используется при визуальных полетах по маршруту ниже нижнего эшелона); *условно барометрической* H_{760} , если она измеряется относительно условного уровня, который соответствует стандартному атмосферному давлению 760 мм рт. ст. (используется для выдерживания заданных эшелонов при полетах по трассам и в зоне ожидания). Эту высоту называют также **высотой эшелона**.

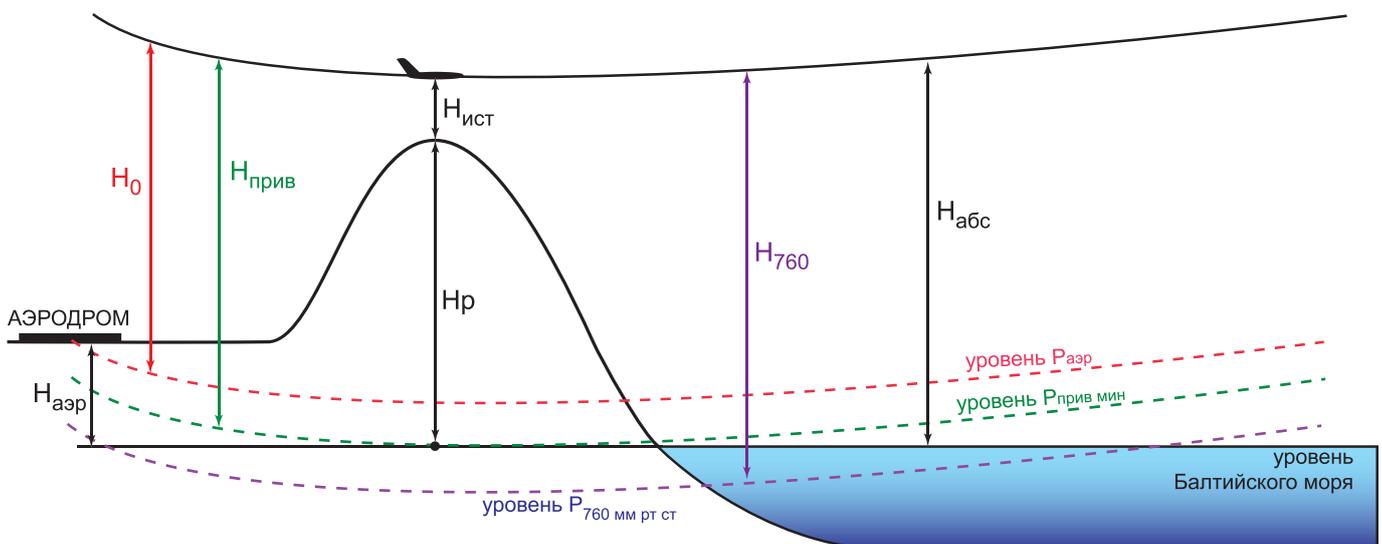


Рис 5.1. Классификация высот от уровня измерения

§2. Способы измерения высоты полета

Высота полета измеряется с помощью специальных приборов, называемых высотомерами. Основными способами измерения высоты полета являются барометрический и радиотехнический.

Барометрический способ измерения высоты основан на принципе измерения атмосферного давления, закономерно изменяющегося с высотой. Барометрический высотомер представляет собой обыкновенный барометр, у которого вместо шкалы давлений поставлена шкала высот. Такой высотомер определяет высоту полета самолета косвенным путем, измеряя атмосферное давление, которое изменяется с высотой по определенному закону. Барометрический способ измерения высоты связан с рядом ошибок, которые, если их не учитывать, приводят к значительным погрешностям в определении высоты. Несмотря на это барометрические высотомеры ввиду простоты и удобства пользования широко применяются в авиации.

Радиотехнический способ измерения высоты основан на использовании закономерностей распространения радиоволн. Известно, что радиоволны распространяются с постоянной скоростью и отражаются от различных поверхностей. Используя эти свойства радиоволн, можно определять высоту полета самолета.

Принцип измерения высоты радиотехническим способом можно представить следующим образом. На самолете устанавливаются передатчик и приемник. Передатчик излучает радиосигналы короткими импульсами, которые направляются антенной к земле и одновременно поступают в приемник. Дойдя до земной поверхности, сигналы отражаются и принимаются приемником, который связан с индикаторным устройством. Последнее по интервалу времени между поступлением в приемник прямого и отраженного радиосигналов определяет высоту полета самолета, которая отсчитывается по шкале.

В современных радиовысотомерах используются частотный (радиовысотомеры малых высот) и импульсный (радиовысотомеры больших высот) методы измерения высоты. Они показывают истинную высоту полета, что является их преимуществом перед барометрическими высотомерами, так как барометрическая высота, как правило, отличается от истинной.

§3. Ошибки барометрических высотомеров.

Барометрические высотомеры имеют инструментальные, аэродинамические и методические ошибки.

Инструментальные ошибки высотомера $\Delta N_{и}$ возникают вследствие несовершенства изготовления прибора и неточности его регулировки. Причинами инструментальных ошибок являются несовершенство изготовления механизмов высотомера, неточность и непостоянство регулировок, износ деталей, изменение упругих свойств анероидной коробки, люфты и т. д. Каждый высотомер имеет свои инструментальные ошибки. Они определяются путем проверки высотомера на контрольной установке, заносятся в специальную таблицу и учитываются в полете.

Таким образом точная приборная высота определяется как сумма высоты показываемой прибором и инструментальной ошибки:

$$N_{пр\ точн} = N_{пр} + (\pm \Delta N_{и})$$

Аэродинамические ошибки $\Delta N_{а}$ возникают в результате неточного измерения высотомером атмосферного давления на высоте полета вследствие искажения воздушного потока, обтекающего самолет, особенно при полете на больших скоростях.

Величина этих ошибок зависит от скорости и высоты полета, типа приемника, воспринимающего атмосферное давление, и места его расположения. Например, на высоте 5000 м ошибка в измерении давления в 1 мм рт. ст. дает ошибку в высоте, равную 20 м, а на высоте 11 000 м такая же ошибка в измерении давления вызывает ошибку в измерении высоты около 40 м.

Аэродинамические ошибки определяются при летных испытаниях самолетов и заносятся в таблицу поправок. Для упрощения учета инструментальных и аэродинамических поправок составляется таблица показаний высотомера с учетом суммарных поправок, которая помещается в кабине самолета.

На самолетах с фюзеляжными приемниками статического давления изменение скорости полета вызывает изменение величин аэродинамических поправок. Это требует учета в показаниях высотомера дополнительных поправок, значения которых указаны в Руководстве по летной эксплуатации самолета. Сумма инструментальной и аэродинамической ошибок называется суммарной поправкой к показаниям высотомера

$$\Delta H_{\text{сум}} = \Delta H_{\text{и}} + \Delta H_{\text{а}}$$

Методические ошибки возникают вследствие несовпадения фактического состояния атмосферы с расчетными данными, положенными в основу для расчета шкалы высотомера. Шкала высотомера рассчитана для условий стандартной атмосферы на уровне моря: давление воздуха $P_0 = 760$ мм рт. ст., температура $t_0 = +15^\circ \text{C}$, температурный вертикальный градиент $t_{\text{гр}} = 6,5^\circ$ на 1000 м высоты.

Использование стандартной атмосферы предполагает, что заданной высоте соответствует вполне определенное давление. Но так как в каждом полете действительные условия атмосферы не совпадают с расчетными, то высотомер показывает высоту с ошибками.

Барометрическому высотомеру присущи также ошибки вследствие того, что он не учитывает изменения топографического рельефа местности, над которой пролетает самолет.

Методические ошибки барометрического высотомера делятся на три группы: ошибки от изменения атмосферного давления у земли, от изменения температуры воздуха и от изменения рельефа местности.

Ошибки от изменения атмосферного давления у земли. В полете барометрический высотомер измеряет высоту относительно того уровня, давление которого установлено на шкале давлений высотомера. Он не учитывает изменения давления по маршруту. Обычно атмосферное давление в различных точках земной поверхности в один и тот же момент неодинаково. Перед вылетом стрелки высотомера устанавливаются на нуль, при этом шкала давлений высотомера установится на давление аэродрома вылета. Если пилот по маршруту над равнинной местностью будет выдерживать заданную приборную высоту, то истинная высота будет изменяться в зависимости от распределения атмосферного давления у земли.

При падении атмосферного давления по маршруту истинная высота будет уменьшаться, при повышении давления увеличиваться. Изменение истинной высоты происходит вследствие изменения давления у земли над пролетаемой местностью относительно давления, установленного на высотомере.

Изменение атмосферного давления с высотой характеризуют **барометрической ступенью-высотой**, соответствующей изменению давления на 1 мм рт. ст. Барометрическая ступень на различных высотах различна. С увеличением высоты барометрическая ступень увеличивается.

В практике барометрическую ступень для малых высот берут равной 11 м. Следовательно, каждому миллиметру изменения давления у земли соответствует 11,1 м высоты, т. е.

$$\Delta H_6 = 11,1 \Delta P$$

Ошибки от изменения температуры. Возникает из-за отклонения температуры у земли от значения температуры стандартной атмосферы. При уменьшении температуры у земли менее 15°C высотомер будет показывать заниженное значение высоты и наоборот. Температурная ошибка может достигать величины, равной 8-12% от измеряемой высоты. Температурную ошибку учитывают на НЛ-10 (рис 5.2).

Ошибки от изменения рельефа местности. Возникает из-за неспособности высотомера измерять превышение рельефа местности над начальным уровнем от которого высотомер определяет высоту

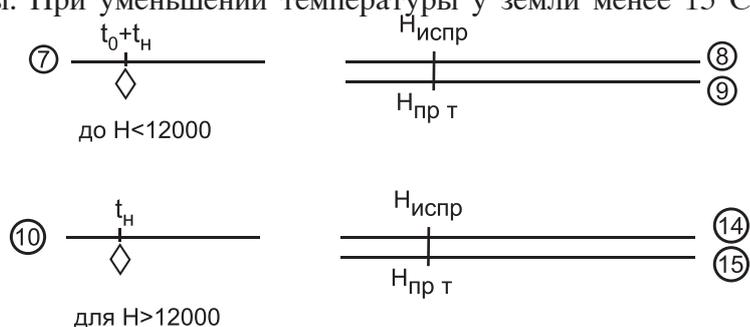


Рис 5.2. Определение на НЛ-10 температурной поправки показаний барометрического высотомера

§4 Пересчет истинной высоты в приборну и обратно.

Определение приборной высоты по известной истинной высоте.

1. Определить превышение рельефа в точке измерения высоты над аэродромом:

$$\Delta H_{\text{рел}} = H_{\text{рел}} - H_{\text{аэр}}$$

2. Определить относительную высоту полета:

$$H_{\text{отн}} = H_{\text{и}} + (\pm \Delta H_{\text{рел}})$$

3. Определить температуру на высоте полета по формуле:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{о}} - t_{\text{гр}}$$

4. Определить по НЛ-10 (рис 5.2) $H_{\text{пр т}}$

5. Определить приборную высоту по формуле:

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{пр т}} + (\pm \Delta H_{\text{сум}})$$

Определение истинной высоты по показаниям прибора.

1. Определить приборную точную высоту по формуле:

$$H_{\text{пр т}} = H_{\text{пр}} + (\pm \Delta H_{\text{сум}})$$

2. Определить температуру на высоте полета по формуле:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{о}} - t_{\text{гр}}$$

3. Определить по НЛ-10 (рис 5.2) $H_{\text{отн}}$

4. Определить превышение рельефа в точке измерения высоты над аэродромом:

$$\Delta H_{\text{рел}} = H_{\text{рел}} - H_{\text{аэр}}$$

5. Определить истинную высоту по формуле:

$$H_{\text{и}} = H_{\text{отн}} - (\pm \Delta H_{\text{рел}})$$

Глава 6 Скорость полета.

§1. Приборная, воздушная и путевая скорости. Число М.

Знание скорости полета необходимо как для пилотирования самолета, так и для целей самолетовождения. Полет самолета со скоростью ниже минимальной приводит к потере устойчивости и управляемости. Увеличение скорости сверх допустимой связано с опасностью разрушения самолета. Для целей самолетовождения знание скорости полета необходимо для выполнения различных навигационных расчетов. Различают приборную, воздушную и путевую скорости полета, измеряются они в километрах в час (км/ч).

Приборная скорость $V_{\text{пр}}$ характеризует величину скоростного напора, действующего на самолет. Приборная скорость зависит от воздушной скорости и массовой плотности воздуха. Массовая плотность воздуха прямо пропорциональна барометрическому давлению воздуха и обратно пропорциональна температуре воздуха. Таким образом при одинаковой воздушной скорости на разных высотах, либо при различной температуре на одинаковой высоте приборная скорость различна. Скоростной напор определяет подъемную силу крыла, поэтому ограничения по скорости задаются именно в приборной скорости как по нижнему пределу так и по верхнему, в наборе высоты и на снижении скорость выдерживается также по приборной скорости, выпуск и уборка посадочной механизации производится тоже по приборной скорости. Приборная скорость отсчитывается по широкой стрелке указателя скорости.

Для целей самолетовождения приборная скорость не используется.

Воздушной скоростью V называется скорость самолета относительно воздушной среды. Эту скорость самолет приобретает под действием силы тяги двигателей. Воздушная скорость зависит от аэродинамических качеств самолета, его полетного веса и плотности воздуха. Ветер не оказывает влияния на ее величину. Направление вектора воздушной скорости вследствие неполной симметрии тяги двигателей может не совпадать с продольной осью самолета. Но так как его отклонение бывает незначительным, то в самолетовождении принято считать, что он совпадает с продольной осью самолета и лежит в горизонтальной плоскости. Воздушная скорость измеряется указателем воздушной скорости, считавается по показаниям узкой стрелки.

Путевой скоростью W называется скорость самолета относительно земной поверхности. Ее величина зависит от воздушной скорости самолета, скорости и направления ветра. Путевую скорость самолета рассчитывают или измеряют с помощью специальных технических средств самолетовождения.

Число M показывает во сколько раз истинная воздушная скорость самолета больше скорости звука на высоте.

§2. Ошибки указателя воздушной скорости.

Указатель воздушной скорости имеет инструментальные, аэродинамические и методические ошибки.

Инструментальные ошибки ΔV_i возникают по тем же причинам, что и аналогичные ошибки высотомера. Они определяются в лабораторных условиях путем сличения показаний указателя скорости с показаниями точно выверенного прибора, заносятся в график или таблицу, которыми пользуется экипаж в полете при расчете скорости.

Аэродинамические ошибки ΔV_a возникают вследствие искажения воздушного потока в том месте, где установлен приемник воздушного давления. Величина этих ошибок зависит от типа самолета, типа приемника воздушного давления и места его установки, скорости полета и положения закрылков. Они определяются при летных испытаниях самолета.

На некоторых самолетах при составлении таблицы инструментальных поправок учитывают и аэродинамические ошибки, что упрощает учет поправок.

Методические ошибки возникают в результате несоответствия условий, принятых при расчете указателя скорости, фактическому состоянию атмосферы.

Воздушная скорость измеряется аэродинамическим методом, который основан на измерении давления встречного потока воздуха. Тарировка шкалы указателя приборной скорости выполнена для плотности и сжимаемости воздуха на уровне моря по стандартной атмосфере, т. е. при давлении 760 мм рт. ст. и температуре $+15^\circ \text{C}$. Следовательно, указатель скорости будет давать точные показания только при той плотности воздуха, на которую он рассчитан. С увеличением высоты полета плотность воздуха и его сжимаемость изменяются. Поэтому одному и тому же скоростному напору на разных высотах будут соответствовать различные истинные скорости полета. Указатель скорости с подъемом на высоту будет давать заниженные показания скорости. Это требует учета методических ошибок указателя скорости. *Методическая ошибка за счет изменения плотности воздуха* с высотой учитывается при помощи навигационной линейки.

Указатели приборной скорости рассчитаны с учетом сжимаемости воздуха только для уровня моря по стандартной атмосфере. Сжимаемость воздуха зависит как от скорости, так и от высоты полета. На малых высотах и скоростях полета ошибки из-за изменения сжимаемости воздуха незначительны. С увеличением высоты и скорости полета эти ошибки резко возрастают и поэтому их необходимо учитывать. Эти ошибки вызывают завышение показаний указателя скорости. Найденные по табл. 6.1 поправки $\Delta V_{сж}$ следует брать с отрицательным знаком.

Таблица 6.17

Поправки к показаниям указателя скорости за изменение сжимаемости воздуха.

(км/ч)

Высота полета, м	Приборная скорость, км/ч					
	300	400	500	600	700	800
2000	1	2	3	4	7	9
4000	2	4	6	10	16	23
6000	3	6	11	18	27	39
8000	4	9	17	28	41	53
10000	6	13	24	40	56	80
12000	9	19	34	56	78	98
14000	12	26	48	73	97	118

Методические ошибки приводят к значительному расхождению приборной скорости с истинной, особенно при полетах на больших высотах и скоростях. Поэтому для скоростных и высотных самолетов разработаны двухстрелочные комбинированные указатели скорости, измеряющие как скорость по прибору, которая используется для пилотирования самолета, так и истинную, используемую для целей самолетовождения.

§3. Расчет истинной и приборной воздушной скорости по показанию однострелочного указателя скорости.

Истинная воздушная скорость по показанию однострелочного указателя скорости УС-350 или УС-800 рассчитывается по формуле:

$$V_{и} = V_{пр} + (\pm \Delta V_{и}) + (\pm \Delta V_{м})$$

где $V_{пр}$ — приборная воздушная скорость;

$\Delta V_{и}$ — инструментальная поправка указателя воздушной скорости;

$\Delta V_{м}$ — методическая поправка указателя воздушной скорости на изменение плотности воздуха.

Пример.

$H_{760пр} = 3000$ м; $t_n = -10^\circ$; $V_{пр} = 300$ км/ч; $\Delta V_{и} = +5$ км/ч. Определить истинную воздушную скорость.

Решение.

1. Исправляем показание указателя воздушной скорости на инструментальную поправку:

$$V_{пр\ испр} = V_{пр} + (\pm \Delta V_{и}) = 300 + (+5) = 305 \text{ км/ч.}$$

2. Учитываем с помощью НЛ-10М (рис. 6.1)

методическую поправку указателя воздушной скорости на изменение плотности воздуха и находим истинную скорость: $V_{и} = 350$ км/ч.

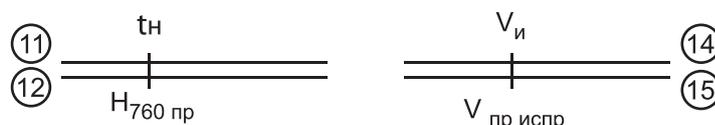


Рис 6.1. Учет методической температурной поправки к показанию барометрического высотомера

Приборная воздушная скорость рассчитывается для того, чтобы по указателю скорости выдерживать в полете, если это требуется, заданную истинную воздушную скорость. Приборная воздушная скорость рассчитывается по формуле

$$V_{пр} = V_{и} - (\pm \Delta V_{м}) - (\pm \Delta V_{и}).$$

Пример.

$H_{760пр} = 1500$ м; $t_n = +10^\circ$ $V_{и} = 320$ км/ч; $\Delta V_{и} = -5$ км/ч. Определить приборную воздушную скорость.

Решение.

1. Исправляем истинную воздушную скорость на НЛ-10М на методическую поправку вследствие изменения плотности воздуха. Для этого температуру воздуха на высоте полета, взятую по шкале 11, устанавливают против высоты полета по шкале 12. Затем против истинной воздушной скорости, взятой по шкале 14, читают по шкале 15 исправленную скорость: $V_{пр\ испр} = 295$ км/ч.
2. Учитываем инструментальную поправку и определяем $V_{пр} = - (\pm \Delta V_{и}) = 295 - (-5) = 300$ км/ч.

§4. Расчет истинной и приборной воздушной скорости в уме

В полете не всегда имеется возможность рассчитать воздушную скорость с помощью навигационной линейки. Поэтому необходимо уметь приближенно рассчитать скорость в уме. Кроме того, такой расчет позволяет контролировать правильность инструментальных вычислений и тем самым предотвращать в них грубые ошибки.

Для приближенного расчета воздушной скорости в уме нужно запомнить методические поправки к указателю скорости на основных высотах полета. Обычно эти поправки даются в процентах от скорости полета:

Нпр, м	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
$\Delta V_{м}, \%$	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

При определении истинной скорости методические поправки прибавляются к скорости по прибору, а при определении приборной скорости вычитаются из заданной истинной скорости. Остальные поправки указателя скорости, если они имеются, учитываются при расчете скорости в уме по общим правилам.

Пример.

$H_{760пр} = 3000$ м; $V_{пр} = 300$ км/ч. Определить истинную воздушную скорость расчетом в уме.

Решение.

1. Находим величину методической поправки указателя скорости: для высоты 3000 м поправка равна 15% от приборной скорости, что составляет 45 км/ч.
2. Определяем истинную воздушную скорость: $V_{и} = 300 + 45 = 345$ км/ч.

§5. Расчет истинной воздушной скорости по показанию широкой стрелки комбинированного указателя скорости.

На скоростных самолетах для измерения скорости устанавливаются комбинированные указатели скорости КУС-1200 или КУС-730/1100, которые имеют две стрелки — широкую и узкую. *Широкая* показывает приборную воздушную скорость, т. е. скорость без учета изменения плотности и сжимаемости воздуха с высотой полета. Показания широкой стрелки используются для пилотирования самолета. *Узкая* стрелка показывает приближенное значение истинной воздушной скорости. Показания узкой стрелки используются для навигационных целей.

Истинная скорость по показанию широкой стрелки КУС рассчитывается по формуле:

$$V_{и} = V_{пр} + (\pm \Delta V_{и}) + (\pm \Delta V_{а}) + (-\Delta V_{сж}) + (\pm \Delta V_{м}),$$

где $V_{пр}$ — показание широкой стрелки;

$\Delta V_{и}$ — инструментальная поправка указателя скорости для широкой стрелки;

$\Delta V_{а}$ — аэродинамическая поправка указателя скорости;

$\Delta V_{сж}$ — поправка на изменение сжимаемости воздуха;

$\Delta V_{м}$ — методическая поправка указателя скорости на изменение плотности воздуха с высотой.

Пример.

$H_{760пр} = 6000$ м; показание широкой стрелки $V_{пр} = 350$ км/ч; показание узкой стрелки $V_{пр\ кус} = 460$ км/ч; $\Delta V_{и} = +5$ км/ч; $\Delta V_{а} = -10$ км/ч; $\Delta V_{сж} = -5$ км/ч; показание термометра наружного воздуха на



Рис 6.2. Шкала поправок к показаниям ТНВ -15

высоте полета $t_{пр} = -35^\circ$.

Определить истинную воздушную скорость.

Решение.

1. Находим по показанию узкой стрелки КУС поправку к показанию термометра наружного воздуха и определяем фактическую температуру на высоте полета. Для нахождения поправки считают, что $V_{пр\ кус} \approx V_{и}$. Поправка к показанию термометра определяется по специальной шкале (рис. 6.2). Она учитывает нагревание приемника электрического термометра ТНВ-15 в заторможенном потоке. Фактическая температура воздуха на высоте полета определяется по формуле $t_{н} = t_{пр} - \Delta t$. Для данного примера $\Delta t = 3^\circ$. Следовательно, $t_{н} = -35^\circ - 3^\circ = -38^\circ$.

2. Определяем по таблице поправки $\Delta V_{и}$, $\Delta V_{а}$ и $\Delta V_{сж}$ (в примере они даны в условии).

3. Определяем приборную исправленную скорость:

$$V_{пр.испр} = V_{пр} + (\pm \Delta V_{и}) + (\pm \Delta V_{а}) + (-\Delta V_{сж}) = 350 + (+5) + (-10) + (-5) = 340 \text{ км/ч.}$$

4. Учитываем с помощью НЛ-10М методическую поправку на изменение плотности воздуха и определяем истинную скорость: $V_{ист} = 450 \text{ км/ч.}$

Методическая поправка для показания широкой стрелки КУС на НЛ-10М учитывается так же, как и для показания однострелочного указателя скорости (см. рис. 6.1).

§6. Расчет истинной воздушной скорости по узкой стрелке КУС.

Механизм узкой стрелки КУС связан не только с манометрической коробкой, воспринимающей скоростной напор воздуха, но и с анероидным блоком. С поднятием на высоту анероидный блок дополнительно поворачивает узкую стрелку. Этим вводятся поправки на изменение плотности и сжимаемости воздуха с высотой. При расчете механизма узкой стрелки температура на высоте учтена для условий стандартной атмосферы. Поэтому при отклонении фактической температуры на высоте полета от стандартной узкая стрелка будет указывать истинную скорость с некоторой ошибкой. Учет температурной ошибки производится на навигационной линейке.

Истинная воздушная скорость по узкой стрелке КУС рассчитывается по формуле:

$$V_{и} = V_{пр\ кус} + (\pm \Delta V_{и}) + (\pm \Delta V_{а}) + (\pm \Delta V_{t}),$$

где $V_{пр\ кус}$ — показание узкой стрелки;

$\Delta V_{и}$ — инструментальная поправка указателя для узкой стрелки;

ΔV_{t} — методическая температурная поправка указателя скорости.

Пример.

$H_{760пр} = 5100 \text{ м}$; $V_{пр\ кус} = 480 \text{ км/ч}$; $V_{пр} = 380 \text{ км/ч}$; $\Delta V_{и} = +11 \text{ км/ч}$; $\Delta V_{а} = -10 \text{ км/ч}$; показания термометра наружного воздуха на высоте полета $t_{пр} = -28^\circ$. Определить истинную воздушную скорость по узкой стрелке КУС.

Решение.

1. Находим по показанию узкой стрелки КУС поправку к показанию термометра наружного воздуха и определяем фактическую температуру на высоте полета: $\Delta t = 4^\circ$; $t_{н} = -28^\circ - 4^\circ = -32^\circ$.

2. Определяем по таблице поправки $\Delta V_{и}$ и $\Delta V_{а}$ (в примере поправки указаны в условии). Если аэродинамическая поправка непостоянна, то при расчете истинной скорости по узкой стрелке ее необходимо находить по таблице поправок по показанию широкой стрелки КУС.

3. Определяем исправленную скорость для узкой стрелки КУС:

$$V_{пр\ кус\ испр} = V_{пр\ кус} + (\pm \Delta V_{и}) + (\pm \Delta V_{а}) = 480 + (+11) + (-10) = 481 \text{ км/ч.}$$

4. Учитываем с помощью НЛ-10М методическую температурную поправку и определяем истинную скорость.

Для этого необходимо воспользоваться ключом показанным на рис 6.1. с той лишь особенностью что высоту полета отсчитывают по красной шкале 13, а не 12 как показано на рисунке. $V_{и} = 470 \text{ км/ч.}$

§7. Расчет показания широкой стрелки КУС для заданной истинной скорости.

Приборная скорость для широкой стрелки КУС рассчитывается по формуле

$$V_{пр} = V_{и} - (\pm \Delta V_M) - (-\Delta V_{сж}) - (\pm \Delta V_a) - (\pm \Delta V_{и}).$$

Пример.

$H_{760пр} = 6000$ м; $V_{и} = 480$ км/ч; температура воздуха на высоте полета $t_H = -40^\circ$; $\Delta V_{и} = +5$ км/ч; $\Delta V_a = -10$ км/ч; $\Delta V_{сж} = -5$ км/ч. Определить приборную скорость для широкой стрелки КУС.

Решение.

1. Исправляем с помощью НЛ-10М истинную скорость на методическую поправку вследствие изменения плотности воздуха. Для этого необходимо температуру воздуха на высоте полета, взятую по шкале 11 установить против высоты полета по шкале 12. Затем против истинной воздушной скорости, взятой по шкале 14, прочесть по шкале 15 исправленную скорость: $V_{пр.испр} = 365$ км/ч.

2. По полученной исправленной скорости определяем по таблицам поправки $\Delta V_{и}$, ΔV_a и $\Delta V_{сж}$ (в примере поправки указаны в условии).

3. Рассчитываем скорость по прибору:

$$V_{пр} = V_{пр\text{ испр}} - (-\Delta V_{сж}) - (\pm \Delta V_a) - (\pm \Delta V_{и}) = 365 - (-5) - (-10) - (+5) = 375 \text{ км/ч.}$$

Глава 7

Учет влияния ветра на полет самолета.

§1. Ветер навигационный и метеорологический.

Воздушные массы постоянно движутся относительно земной поверхности в горизонтальном и вертикальном направлениях. Горизонтальное движение воздушных масс называется **ветром**. Ветер характеризуется скоростью и направлением. Они изменяются с течением времени, с переменой места и с изменением высоты.

С увеличением высоты в большинстве случаев скорость ветра увеличивается, а направление изменяется. На больших высотах, на которых выполняются полеты самолетов, скорость ветра может достигать 200—300 км/ч и более. Такие ветры главным образом наблюдаются в зоне струйных течений. Отмечены случаи, когда скорость ветра в таких течениях составляла 650—750 км/ч.

Для обеспечения точного самолетовождения необходимо учитывать влияние ветра на полет самолета. До полета скорость и направление ветра по высотам определяют на метеостанции по картам барической топографии, составленным на основании данных ветрового радиозондирования атмосферы. В полете ветер определяется штурманом или пилотом путем соответствующих промеров и расчетов.

Существует два понятия о направлении ветра: навигационное и метеорологическое.

Навигационным направлением ветра (НВ) называется угол, заключенный между направлением, принятым за начало отсчета курса, и направлением в точку, куда дует ветер. Отсчитывается оно от направления, принятого за начало отсчета, по часовой стрелке от 0 до 360° и может быть условное, истинное, магнитное и ортодромическое.

Метеорологическим направлением ветра называется угол, заключенный между северным направлением меридиана и направлением из точки, откуда дует ветер. Обычно на метеостанции отсчитывают метеорологическое направление ветра относительно северного направления истинного меридиана, т. е. угол ди. В целях упрощения расчетов экипажам, производящим взлет и посадку, сообщается метеорологическое направление ветра у земли и на высоте круга, отсчитанное относительно магнитного меридиана т. е. на метеостанции вводят поправку на магнитное склонение, если оно более 5°.

Направление ветра на высотах полета, отсчитанное от истинного меридиана, летный состав самостоятельно переводит в направление ветра, отсчитанное относительно магнитного меридиана. Метеорологическое направление ветра определяется по формуле: $\delta = \text{ди} - (\pm \Delta \text{м})$. Магнитное

склонение Δm берется для района расположения метеостанции.

В штурманских расчетах используется навигационное направление ветра, или так называемый навигационный ветер. Перевод метеорологического направления ветра в навигационное относительно магнитного меридиана и обратно выполняется по формулам:

$$\begin{aligned} \text{НВ} &= \delta \pm 180^\circ; \\ \delta &= \text{НВ} \pm 180^\circ. \end{aligned}$$

Знак плюс берется, если δ или НВ меньше 180° , а знак минус — если δ или НВ больше 180° .

Скоростью ветра U называется скорость движения воздушных масс относительно земной поверхности. Скорость ветра измеряется в километрах в час или в метрах в секунду. Чтобы перейти от одних единиц измерения к другим, например от метров в секунду к километрам в час, необходимо скорость ветра в метрах в секунду умножить на 3,6, т. е.

$$U_{\text{км/ч}} = 3,6 U_{\text{м/с}}.$$

Перевод скорости ветра, выраженной в метрах в секунду, в скорость, выраженную в километрах в час, можно осуществлять подсчетом в уме по упрощенной формуле:

$$U_{\text{км/ч}} = 4 U_{\text{м/с}} - \frac{4U_{\text{м/с}}}{10}.$$

При штурманских расчетах для перехода от скорости ветра в метрах в секунду к скорости его в километрах в час и обратно пользуются НЛ (рис. 7.1).

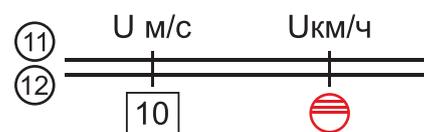


Рис 7.1. Перевод м/с в км/ч и наоборот на НЛ-10

§2. Навигационный треугольник скоростей, его элементы и их взаимозависимость

Самолет относительно воздушной массы перемещается с воздушной скоростью в направлении своей продольной оси. Одновременно под действием ветра он перемещается вместе с воздушной массой в направлении и со скоростью ее движения. В результате движение самолета относительно земной поверхности будет происходить по равнодействующей, построенной на слагаемых скоростях самолета и ветра. Таким образом, при полете с боковым ветром векторы воздушной скорости, путевой скорости и скорости ветра образуют треугольник (рис. 7.2), который называется **навигационным треугольником скоростей**. Каждый вектор характеризуется направлением и величиной.

Вектором воздушной скорости называется направление и скорость движения самолета относительно воздушных масс. Его направление определяется курсом самолета, а величина — значением воздушной скорости. **Вектором путевой скорости** называется направление и скорость движения самолета относительно земной поверхности. Его направление определяется путевым углом, а величина — значением путевой скорости. **Вектором ветра** называется направление и скорость движения воздушной массы относительно земной поверхности. Его направление определяется направлением ветра, а величина — значением его скорости.

Навигационный треугольник скоростей имеет следующие элементы: МК- магнитный курс самолета; V - воздушная скорость; МПУ- магнитный путевой угол (может быть заданным - ЗМПУ и фактическим - ФМПУ); W - путевая скорость; НВ - навигационное направление ветра; U - скорость ветра; УС - угол сноса; УВ-угол ветра; КУВ - курсовой угол ветра.

Фактическим магнитным путевым углом называется угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана и линией фактического пути, он отсчитывается от северного направления магнитного меридиана до линии фактического пути по ходу часовой стрелки (от 0 до 360°). **Углом сноса** называется угол, заключенный между продольной осью самолета и линией пути. Отсчитывается от продольной оси самолета до линии пути вправо со знаком плюс и влево со знаком минус.

Углом ветра называется угол, заключенный между линией пути (фактической или заданной)

и направлением навигационного ветра; отсчитывается от линии пути до направления ветра по ходу часовой стрелки (от 0 до 360°).

Курсовым углом ветра называется угол, заключенный между продольной осью самолета и направлением навигационного ветра. Отсчитывается от продольной оси самолета до направления ветра по ходу часовой стрелки (от 0 до 360°).

Между элементами навигационного треугольника скоростей существует следующая зависимость:

$$\begin{aligned} \text{МК} &= \text{ЗМПУ} - (\pm \text{УС}); \\ \text{ОС} &= V \cos \text{УС}; \\ \text{ФМПУ} &= \text{МК} + (\pm \text{УС}); \\ \text{СВ} &= U \cos \text{УС} \end{aligned}$$

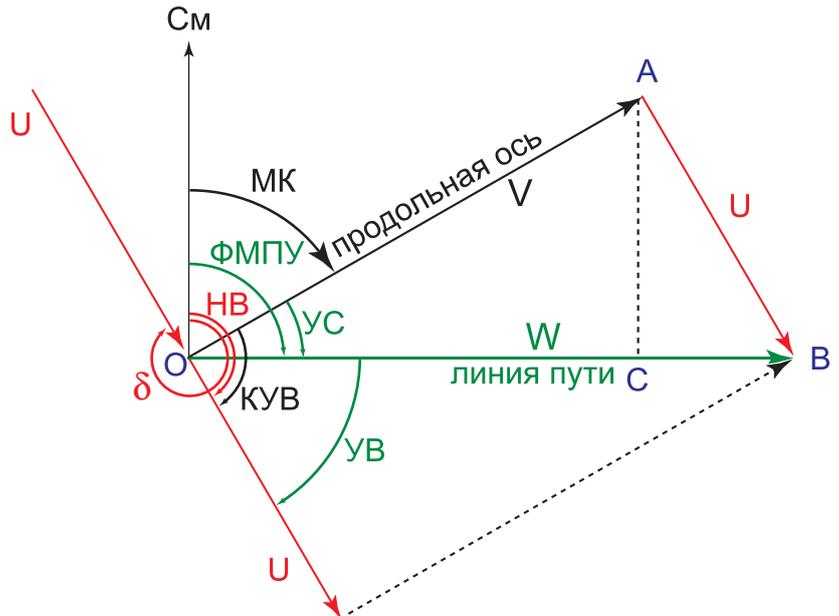


Рис 7.2. Навигационный треугольник скоростей

$$\begin{aligned} \text{УС} &= \text{ФМПУ} - \text{МК}; \\ W &= V \cos \text{УС} + U \cos \text{УВ}; \\ \text{УВ} &= \delta + 180^\circ - \text{ЗМПУ}; \\ \delta &= \text{ФМПУ} + \text{УВ} + 180^\circ; \\ \text{КУВ} &= \text{УВ} + (\pm \text{УС}); \end{aligned}$$

Углы сноса обычно небольшие, а косинусы малых углов близки к единице, поэтому можно считать, что $W \approx V + U \cos \text{УВ}$. Приведенные выше формулы используются для расчета элементов навигационного треугольника скоростей. Угол сноса и путевая скорость относятся к основным навигационным элементам, поэтому нужно твердо знать, как они зависят от изменения воздушной скорости, скорости ветра и угла ветра.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от воздушной скорости самолета. При неизменном ветре и курсе самолета путевая скорость изменяется соответственно изменению воздушной скорости, т. е. с увеличением воздушной скорости путевая скорость становится больше, а с уменьшением — меньше. Считают, что изменение воздушной скорости вызывает пропорциональное изменение путевой скорости, т.е. насколько изменилась воздушная скорость, настолько соответственно изменится и путевая скорость. Угол сноса с возрастанием воздушной скорости уменьшается, а с ее уменьшением увеличивается.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от скорости ветра. При постоянной воздушной скорости и курсе самолета с увеличением скорости ветра угол сноса увеличивается, а при ее уменьшении уменьшается. Путевая скорость при попутном и попутно-боковом ветре с изменением скорости ветра изменяется так же, как и угол сноса. При встречном и встречно-боковом ветре с увеличением скорости ветра путевая скорость уменьшается, а с уменьшением увеличивается.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от угла ветра. Угол ветра в полете не остается постоянным. Его величина изменяется в полете как вследствие изменения направления ветра, так и вследствие изменения направления полета. Отложим в определенном масштабе вектор воздушной скорости. Из конца этого вектора радиусом, равным скорости ветра в том же масштабе, опишем окружность. Если перемещать вектор ветра по ходу часовой стрелки, то угол ветра будет изменяться.

Угол сноса и путевая скорость зависят от угла ветра следующим образом:

- при $\text{УВ} = 0$ (ветер попутный) $\text{УС} = 0$, $W = V + U$;
- при увеличении угла ветра от 0 до 90° угол сноса увеличивается, а путевая скорость

уменьшается;

- при $УВ = 90^\circ$ (ветер боковой) угол сноса максимальный, а путевая скорость примерно равна воздушной;

- при увеличении $УВ$ от 90 до 180° угол сноса и путевая скорость уменьшаются;

- при $УВ = 180^\circ$ (ветер встречный) $УС = 0$, а $W = V - U$;

- при увеличении $УВ$ от 180 до 270° угол сноса и путевая скорость увеличиваются;

- при $УВ = 270^\circ$ (ветер боковой) угол сноса максимальный, а путевая скорость примерно равна воздушной;

- при увеличении $УВ$ от 270 до 360° угол сноса уменьшается, а путевая скорость увеличивается.

При решении большинства навигационных задач необходимо ясно представлять, в какую сторону при данном угле ветра будет направлен снос самолета и какова его путевая скорость (больше или меньше воздушной),

Изменение угла ветра приводит к следующему изменению угла сноса и путевой скорости:

- при углах ветра $0 - 180^\circ$ углы сноса положительные,

- при углах ветра $180 - 360^\circ$ углы сноса отрицательные;

- путевая скорость при углах ветра $270 - 0 - 90^\circ$ больше воздушной скорости,

- при углах ветра $90 - 180 - 270^\circ$ меньше воздушной скорости.

§3. Решение навигационного треугольника скоростей на НЛ-10 при известном ветре.

1. Определение угла ветра.

Угол ветра определяется от навигационного направления ветра. Направление ветра должно быть определено относительно тех меридианов, относительно которых измеряется курс самолета (имеется ввиду, что направление ветра должно быть определено от северного направления магнитного, истинного или условного меридиана, в зависимости от того от какого из них отчитывается курс самолета). Если данные метеослужбы не соответствуют выбранному экипажем способу полета, то его надо перевести в соответствующую систему отсчета.

Угол ветра определяется как разность направления ветра (НВ) и путевого угла (ПУ):

- если $НВ > ПУ$ то $УВ = НВ - ПУ$;

- если $НВ < ПУ$ то $УВ = (НВ + 360) - ПУ$;

2. Определение УС.

Если $УВ = 0$ или 180 , то $УС = 0$.

Иначе угол сноса определяется на НЛ-10 с использованием ключа показанного на рис 7.3.

При этом следует помнить, что все скорости откладываются в км/ч, и если скорость ветра дана в м/с, то ее надо перевести в км/ч (рис 7.1).

Если $УВ > 180$ то по шкале 3 ставится дополнение до 360 т.е. $(360 - УВ)$

Если на шкале 3 невозможно отсчитать УС (УС получается меньше 5°) то ее отсчитывают по шкале 4.

Знак угла сноса определяется по $УВ$, если $УВ > 180$, то снос будет отрицательный (сносит влево), если меньше, то – положительный (сносит вправо).

3. Определение W.

Если $УВ = 0$ то $W = V + U$, если $УВ = 180$ то $W = V - U$.

Иначе путевая скорость определяется по тому же ключу, что и УС, при этом после определения УС шкалы не сдвигаются. Путевая скорость осчитывается по шкале 5 против суммы $УВ$ и УС, причем угол сноса берется по модулю.

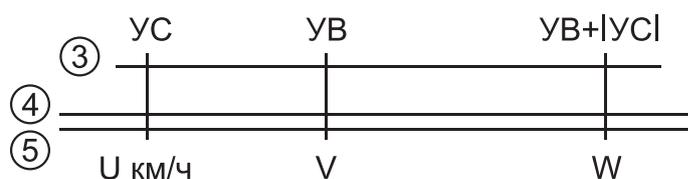


Рис 7.3. Определение УС и W на НЛ-10

4. Определение курса следования.

Для того, чтобы фактический ПУ соответствовал заданному необходимо выдерживать следующий курс следования: $K=ЗПУ-(\pm UC)$

§4. Решение навигационного треугольника скоростей в уме при известном ветре.

1. Определить угол ветра:

- если $НВ > ПУ$ то $УВ = НВ - ПУ$;
- если $НВ < ПУ$ то $УВ = (НВ + 360) - ПУ$;

2. Определить UC_{max}

$$UC_{max} = (U/V)60$$

Целесообразно при подготовке к полету подставить в формулу UC_{max} значение скорости и сократить дробь, это облегчит расчет. Например для полета на скорости 870 км/ч формула примет вид

$$UC_{max} = U/14,5$$

3. Определить по UC_{max} и $УВ$ с помощью таблицы 7.1 UC и W

Таблица 7.1.

УВ (попутный ветер)	УС	W	УВ (встречный ветер)
0	0	$V \pm U$	180
30 (330)	$\pm 0,5 UC_{max}$	$V \pm 0,9U$	150 (210)
45 (315)	$\pm 0,7 UC_{max}$	$V \pm 0,7U$	135 (225)
60 (300)	$\pm 0,9 UC_{max}$	$V \pm 0,5U$	120 (240)
90	$\pm UC_{max}$	V	270

Знак УС определяется по величине УВ:

$$УВ = 0 \dots 180 \quad УС +$$

$$УВ = 180 \dots 360 \quad УС -$$

Для попутного ветра скорость V и U при определении W складываются, а при встречном - вычитаются.

5. Определить курс следования:

$$K = ЗПУ - (\pm UC)$$

§6. Способы определения УС и W в полете,

В полете УС и W могут быть определены одним из 3 способов:

- по известному ветру с помощью НЛ, ветрочета, НПЛ-М или в уме;
- по отметкам места самолета на карте;
- при помощи самолетного радиолокатора.

Определение УС и путевой скорости по отметкам места самолета определяется следующим образом:

- определить место самолета при помощи каких либо средств самолетовождения и отметить его на карте;
- строго выдерживая курс, скорость и высоту полета, через 5-15 мин таким же образом определить место самолета и отметить его на карте;
- полученные отметки соединить линией и с определить фактический путевой угол и фактически пройденное расстояние;
- определить УС по формуле:

$$УС = ФПУ - К$$

- определить путевую скорость путм деления фактически пройденного расстояния на время между определением мест самолета.

§5. Определение ветра по известным УС и W.

Для того чтобы определить УС на следующем участке маршруте в случае если УС и путевая скорость на данном участке маршрута были не рассчитаны, а определены, необходимо определить направление и скорость ветра на данном участке и по ним рассчитать угол сноса для следующего участка.

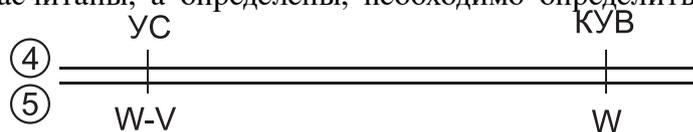


Рис 7.4. Определение КУВ при известных УС и W

Для определения направления и скорости ветра необходимо:

- с помощью ключа (рис 7.4.) определить курсовой угол ветра (КУВ);
- с помощью ключа (рис 7.5.) определить скорость ветра;
- определить направление ветра по формуле:

$$\begin{aligned} &\text{если } W > V \text{ то } НВ = К + КУВ \\ &\text{если } W < V \text{ то } НВ = К - КУВ \pm 180 \end{aligned}$$

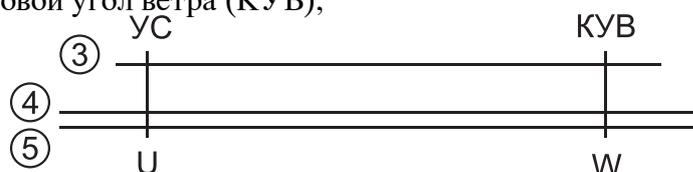


Рис 7.5. Определение скорости ветра при известных УС и W

Глава 8

Разворот и его элементы.

§1. Элементы разворота и их расчет.

Разворотом самолета называется криволинейный полет в горизонтальной скорости на постоянной высоте с постоянной скоростью и углом крена.

Элементы разворота:

- угол крена самолета β ;
- радиус разворота R;
- угол разворота УР;
- линейное упреждение разворота ЛУР;
- путь проходимы самолетом за разворот S_{yp} ;
- время разворота t_{yp} .

Угол разворота определяется по формуле:

$$УР = К_2 - К_1$$

Элементы угла разворота рассчитываются по формулам или при помощи НЛ-10.

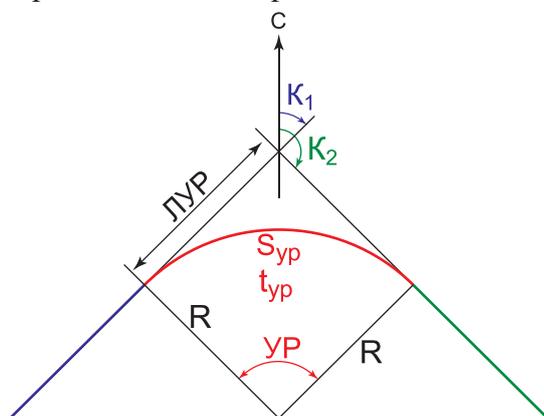
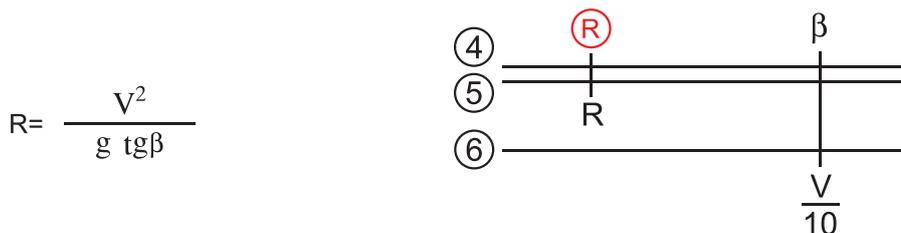
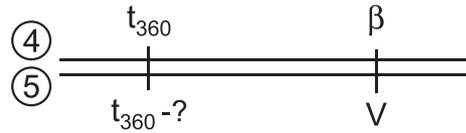


Рис 8.1. Элементы разворота.

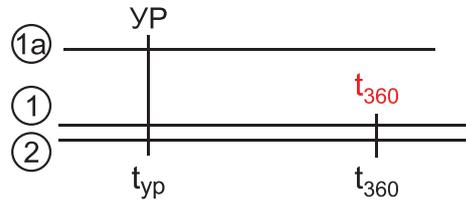


$$R = \frac{V^2}{g \operatorname{tg} \beta}$$

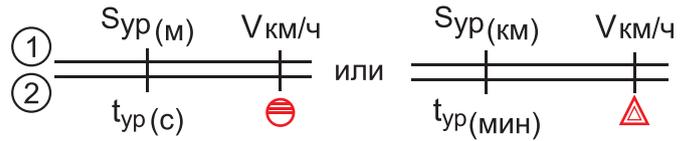
$$t_{360} = \frac{2\pi R}{V}$$



$$t_{yp} = \frac{t_{360}}{360} \text{ УР}$$

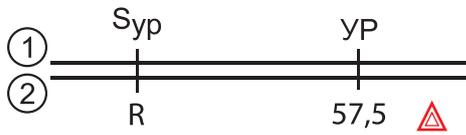


$$S_{yp} = V t_{yp}$$

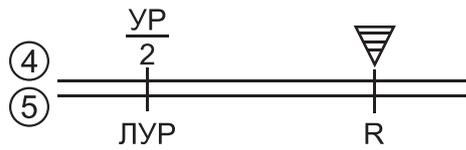


$$S_{yp} = R \text{ УР}$$

где УР в радианах



$$\text{ЛУР} = R \text{ tg } \frac{\text{УР}}{2}$$



Раздел III

Обеспечение безопасности самолетовождения.

Штурманская подготовка и правила выполнения полетов.

Глава 9

Обеспечение безопасности самолетовождения.

§1. Требования безопасности самолетовождения.

Обеспечение безопасности полетов является одной из главных задач самолетовождения. Она решается как экипажем, так и службой движения, которые обязаны добиваться безопасности полета каждого воздушного судна даже в тех случаях, когда принятые для этого меры повлекут за собой нарушение регулярности или снижение экономических показателей полета.

Безопасность самолетовождения означает предотвращение случаев: опасных сближений и столкновений воздушных судов с наземными препятствиями и с другими воздушными судами в полете; потери ориентировки; непредусмотренного попадания в зоны с особым режимом полета; попадания воздушных судов в районы с опасными для полетов метеоявлениями.

Обеспечение безопасности полетов в штурманском отношении играет большую роль в общем деле обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации.

§2. Предотвращение столкновения с воздушными судами в полете.

Предотвращение столкновения с воздушными судами в полете обеспечивается строгим выдерживанием заданных эшелонов, безопасных продольных и боковых интервалов, а также соблюдением установленных правил полетов.

Эшелон полета - это относительная барометрическая высота, отсчитываемая от уровня изобарической поверхности, соответствующей стандартному атмосферному давлению 760 мм рт. ст. (1013,2 мб), выделенная для полетов воздушных судов.

В воздушном пространстве РФ для авиации всех министерств и ведомств принята полукруговая система вертикального эшелонирования полетов. При направлении воздушных трасс (маршрутов) с ИПУ от 0 до 179° включительно, устанавливаются эшелоны полетов 900; 1500; 2100; 2700; 3300; 3900; 4500; 5100; 5700; 6300; 6900; 7500; 8100; 9100; 10100; 11100; 12100; 14100; 16100 м.

При направлении воздушных трасс (маршрутов) с ИПУ от 180 до 359° включительно, устанавливаются эшелоны полетов- 1200; 1800; 2400; 3000; 3600; 4200; 4800; 5400; 6000; 7200; 7800; 8600; 9600; 10600; 11600; 13100; 15100; 17100 м.

Попутные эшелоны на высотах от 900 до 6000 м установлены через 600м, а встречные — через 300 м, от 8100 до 12100 м соответственно через 1000 и 500м, а на высотах выше 12100м попутные эшелоны установлены через 2000м, а встречные через 1000м. Если истинные путевые углы большинства участков воздушной трассы находятся в пределах одного полукруга, а отдельных участков — в пределах другого, то в зависимости от условий полета для всей воздушной трассы могут устанавливаться единые эшелоны полета.

Выдерживание высоты заданного эшелона производится по высотомеру, барометрическая шкала которого установлена на отсчет 760 мм рт. ст. с учетом его инструментальной и аэродинамической

поправок, указанных в приложенной к нему таблице. Установка шкалы давлений высотомеров с отсчета, соответствующего атмосферному давлению на уровне ВПП, на отсчет 760 мм.рт. ст. производится при пересечении высоты перехода, которая указывается на схемах, захода на посадку.

Высотой перехода называется высота, установленная в районе аэродрома, на которой и ниже которой полет воздушного судна контролируется по атмосферному давлению на аэродроме. Изменение в полете заданного эшелона допускается лишь в особо необходимых случаях. Для этого командир воздушного судна запрашивает разрешение у диспетчера, указав причину смены эшелона и свое местонахождение. В случаях, не терпящих отлагательств, командиру воздушного судна предоставляется право изменить эшелон самостоятельно с немедленным докладом об этом диспетчеру.

Перевод барометрических шкал высотомеров с давления 760 мм рт. ст. на давление аэродрома посадки производится после получения разрешения на снижение для захода на посадку в горизонтальном полете на эшелоне перехода.

Эшелоном перехода называется нижний эшелон, при пересечении которого барометрические высотомеры устанавливаются на атмосферное давление уровня ВПП аэродрома посадки. Эшелон перехода рассчитывается руководителем полетов и сообщается на борт воздушного судна.

Предотвращение столкновений воздушных судов в полете достигается также контролем за полетами с земли с помощью наземных радиолокаторов и наблюдением экипажа за воздухом. Особое внимание наблюдению за воздухом экипаж должен уделять при пролете аэродромов и пересечении воздушных трасс.

Порядок осреднения показаний бортовых высотомеров. Высоту заданного эшелона принято выдерживать по высотомеру командира корабля, с учетом осредненного показания всех бортовых высотомеров. Указанное правило введено с целью повышения безопасности полетов и своевременного выявления неисправностей высотомерного оборудования самолетов.

Осреднение показаний бортовых высотомеров производится в следующем порядке:

1. Вывести самолет на заданный эшелон по высотомеру командира корабля с учетом суммарной поправки, указанной в бортовой таблице для заданного эшелона.

2. Проконтролировать правильность выдерживаемой высоты полета по высотомерам правого пилота и штурмана, для чего определить величину отклонения показаний этих высотомеров от значений высоты, указанных в их таблицах. Отклонение должно быть записано со знаком «+», если показание высотомера больше заданного значения, и со знаком «—», если показание меньше заданного значения.

3. Произвести корректирование выдерживаемой высоты полета путем осреднения показаний высотомеров, если указанное выше отклонение по абсолютной величине превышает 30 м.

4. Величина поправки для показаний высотомера командира корабля определяется путем алгебраического сложения отклонений высоты и деления полученной суммы на число высотомеров, установленных на данном самолете.

5. Новое значение заданной высоты после осреднения показаний для высотомера командира корабля определяется по формуле:

$$H_{к2} = H_{к1} - (\pm \Delta H)$$

6. Вывести самолет на новое значение заданной высоты и убедиться в правильности вычисления осредненной высоты. Если, отклонения показаний высотомеров второго пилота и штурмана от значений, приведенных в их бортовых таблицах, уменьшились, то вычисление осредненной высоты произведено правильно, если же увеличились, то осредненную высоту необходимо определить заново.

Выводы о состоянии высотомерного оборудования самолета делаются на основании следующих положений:

а) показания высотомеров с отклонениями по абсолютной величине до 50 м на высотах менее 6000 м и до 100 м на высотах более 6000 м считаются нормальными;

б) если отклонения по абсолютной величине превышают 50 м на высотах менее 6000 м и 100 м на высотах более 6000 м, то после прилета необходимо дать указание о проверке высотомеров и

приемников статического давления;

в) если отклонения по абсолютной величине превышают 100 м на высотах менее 6000 м и 200 м на высотах более 6000 м, то командир корабля обязан запросить непрерывный контроль за полетом самолета наземными средствами. Решение о том, по какому высотомеру производить выдерживание заданного эшелона в этом случае, принимается командиром корабля в зависимости от конкретных условий.

Записи показаний высотомеров и определение осредненной высоты выполняются штурманом, а при его отсутствии на борту — вторым пилотом. Записи производятся в штурманском бортовом журнале в последних строках графы «Примечания».

§3. Предотвращение столкновения воздушных судов с землей и наземными препятствиями.

Предотвращение столкновения воздушных судов с землей и наземными препятствиями достигается полетом на высоте не менее безопасной.

Безопасной высотой называется минимально допустимая истинная высота полета, гарантирующая воздушное судно от столкновения с земной (водной) поверхностью или препятствиями.

Минимально допустимые безопасные истинные высоты установлены НПП ГА для полетов в зоне взлета и посадки, по воздушным трассам и маршрутам вне трасс, а также в районе подхода. Минимальные безопасные высоты определены как для визуальных полетов, так и для полетов по приборам в зависимости от рельефа местности, скорости полета, допустимых отклонений в пилотировании, а также возможных вертикальных отклонений от заданной высоты полета в турбулентной атмосфере.

Для полетов по приборам и для визуальных полетов установлены определенные правила расчета и выдерживания безопасных высот полета.

Расчет безопасной высоты полета по давлению 760 мм. рт. ст. Безопасная высота по давлению 760 мм рт. ст. рассчитывается при полете на эшелоне, когда шкалы давлений барометрических высотомеров установлены на 760 мм рт. ст. Такой расчет производится по минимальной безопасной истинной высоте, абсолютной высоте наивысшей точки рельефа с учетом искусственных препятствий на данном участке трассы, минимальному атмосферному давлению и температуре воздуха:

При расчете безопасной высоты учитываются как постоянные элементы, так и переменные (атмосферное давление и температура воздуха). Поэтому он должен выполняться перед каждым полетом и обеспечивать пролет самолета на установленной минимальной безопасной истинной высоте относительно самого высокого препятствия на данном участке трассы над точкой с минимальным давлением.

Безопасная барометрическая высота по давлению 760-мм рт. ст. рассчитывается по формуле

$$H_{760 \text{ без}} = H_{\text{без ист}} + H_p - \Delta H_t + 11(760 - P_{\text{прив мин}})$$

где $H_{\text{без ист}}$ — установленное значение минимальной безопасной истинной высоты для полетов по правилам полетов по приборам (по ППП);

H_p — абсолютная высота наивысшей точки рельефа местности с учетом высоты искусственных препятствий на данном участке трассы в пределах установленной ширины полосы. При полетах по воздушным трассам и маршрутам вне трасс по ППП рельеф и препятствия учитываются в полосе по 25 км в обе стороны от оси трассы (маршрута);

$P_{\text{прив мин}}$ — минимальное атмосферное давление по маршруту (участку) полета, приведенное к уровню моря;

ΔH_t — методическая температурная поправка высотомера, которая учитывается по навигационной линейке;

11 — барометрическая ступень в метрах у земли, соответствующая изменению давления на 1 мм рт. ст.

Для полетов по трассам и маршрутам вне трасс по ППП установлены следующие минимальные

безопасные истинные высоты (вне зависимости от скорости самолета): над равнинной, холмистой местностями и водными пространствами $H_{\text{без ист}} = 400$ м; над горной местностью с высотой гор до 2000 м — 600 м; над горной местностью с высотой гор более 2000 м — 1000 м.

Характер местности принято определять по относительному превышению рельефа, которое представляет собой разность между наибольшей и наименьшей высотами рельефа, расположенными в радиусе 25 км. Для оценки характера местности данного участка маршрута необходимо установить по подписям на карте местоположение наиболее высокой точки рельефа в полосе по 25 км в обе стороны от оси маршрута. Затем из этой точки опустить перпендикуляр на ЛЗП и из точки основания перпендикуляра провести окружность радиусом 25 км. Отыскать внутри окружности по отметкам высот горизонталей и отметкам высот точек наименьшую высоту рельефа и затем определить относительное превышение между наибольшей и наименьшей высотами рельефа. При использовании полимаршрутных карт, на которых горизонтали не наносятся, относительное превышение рельефа определяется по отметкам высот точек.

Равнинной называется местность с относительными превышениями рельефа не более 100 м, *холмистой* — не более 500 м и *горной* — более 500 м. К горной относится также местность с различными относительными превышениями рельефа, расположенная на высотах 2000 м над уровнем моря и более.

Определение высоты нижнего безопасного эшелона. На отдельных участках воздушных трасс полеты допускается выполнять не на всех установленных эшелонах. В зависимости от рельефа местности, атмосферного давления и температуры воздуха используются лишь те эшелоны, которые расположены не ниже безопасной высоты полета.

Нижним безопасным эшелонам называется эшелон, равный безопасной высоте или ближайший больший эшелон, взятый для данного направления полета. Высота нижнего безопасного эшелона определяется путем расчета безопасной высоты полета по давлению 760 мм рт. ст. с последующим увеличением ее значения до высоты ближайшего эшелона, соответствующего заданному направлению полета.

Определение нижнего безопасного эшелона полета по картам абсолютной барической топографии. При полетах по трассам (маршрутам) в горных районах, где отсутствуют данные о давлении, приведенном к уровню моря, нижний безопасный эшелон определяется по картам абсолютной барической топографии (АТ). В метеорологической практике для анализа и прогноза погоды составляются фактические и прогностические карты АТ для следующих стандартных (главных) изобарических поверхностей: 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 и 100 мб. При необходимости карты АТ могут составляться и для других изобарических поверхностей с более низкими давлениями. На каждую карту АТ за сроки 03, 09, 15 и 21 ч московского времени наносят высоты изобарической поверхности над уровнем моря в реальных условиях, направление и скорость ветра и некоторые другие данные, характеризующие физическое состояние атмосферы.

Одинаковые высоты изобарической поверхности на карте соединяются плавными кривыми линиями, которые называются *изогипсами*. Высоты изобарической поверхности указываются на концах изогипс в декаметрах (десятках метров). Каждая карта АТ характеризует определенный слой воздуха (определенные эшелоны полета).

В основу метода определения нижнего безопасного эшелона по картам АТ положена закономерность изменения высоты изобарических поверхностей эшелонов в соответствии с изменением высоты ближайшей стандартной изобарической поверхности. Повышение или понижение стандартной изобарической поверхности вызывает соответственно повышение или понижение на одну и ту же величину ближайших к ней как нижерасположенных, так и вышерасположенных изобарических поверхностей эшелонов полета.

Расчет безопасной высоты для визуального полета по маршруту ниже нижнего эшелона. При визуальном полете по маршруту ниже нижнего эшелона шкалы давлений барометрических

высотометров устанавливаются на минимальное атмосферное давление на данном участке маршрута, приведенное уровню моря. Такая установка шкал давлений высотометров осуществляется при выходе воздушного судна из зоны взлета и посадки (из зоны круга). Обратная перестановка шкал давлений с минимального давления на давление аэродрома посадки выполняется при входе воздушного судна в зону взлета и посадки (в зону круга).

Безопасная высота по прибору для полетов по маршруту ниже нижнего эшелона, рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{прив без}} = H_{\text{без ист}} + H_{\text{р}} - \Delta H_{\text{т}} - \Delta H_{\text{и}} - \Delta H_{\text{а}}$$

где $H_{\text{без ист}}$ - установленное значение минимальной безопасной истинной высоты для визуальных полетов ниже нижнего эшелона (по ПВП);

$H_{\text{р}}$ - абсолютная высота наивысшей точки рельефа местности, с учетом искусственных препятствий в пределах ширины трассы (маршрута);

$\Delta H_{\text{т}}$ — методическая температурная поправка высотомера;

$\Delta H_{\text{и}}$ — инструментальная поправка высотомера;

$\Delta H_{\text{а}}$ — аэродинамическая поправка высотомера.

Правила визуальных полетов (ПВП) по маршруту и в районе аэродрома применяются для воздушных судов с истинной скоростью не более 550 км/ч.

Для полетов по ПВП установлены следующие минимальные безопасные истинные высоты:

1) при выполнении срочных полетов по оказанию медицинской помощи на самолетах 4-го класса и вертолетах 2, 3 и 4-го классов над равнинной и холмистой местностями днем- не менее 50 м, ночью- не менее 250 м, над горной местностью только днем- не менее 300 м;

2) при выполнении полетов по другим видам применения авиации в народном хозяйстве минимальные безопасные истинные высоты устанавливаются в соответствии с НПП ГА и руководствами по отдельным видам работ;

3) при выполнении транспортных полетов по воздушным трассам (маршрутам):

а) над равнинной и холмистой местностями- 100 м для воздушных судов со скоростью полета 300 км/ч и менее и 200 м со скоростью полета от 301 до 550 км/ч;

б) над горной местностью с высотой гор до 2000 м — 300 м;

в) над горной местностью с высотой гор более 2000 м — 600 м.

Для визуальных полетов над горной местностью минимальные безопасные истинные высоты установлены одинаковые для всех воздушных судов со скоростью полета до 550 км/ч.

При расчете безопасной высоты для полетов по ПВП ниже нижнего эшелона по маршруту и в районе аэродрома в равнинной и холмистой местностях высота искусственных препятствий не учитывается, если фактическая и прогнозируемая видимости (по среднему значению градации) составляют 3 км и более, а скорость полета воздушного судна не более 300 км/ч.

Командир воздушного судна при полете в указанных условиях обязан обходить искусственные препятствия визуально на удалении не менее 500 м.

В тех случаях, когда абсолютная безопасная высота менее 400 м, методическую температурную поправку определяют подсчетом в уме. Каждые 3° отклонения фактической температуры на земле от стандартной вызывают изменение высоты на 1 % от ее значения. Если температура на земле ниже +15°, то рассчитанная по указанному правилу поправка прибавляется к абсолютной безопасной высоте, а если температура выше +15°, то поправка вычитается. Учет методической температурной поправки при высотах менее 400 м можно производить и на НЛ. Но в этом случае высоту нужно увеличить в 2 раза, а затем исправленный отсчет по НЛ уменьшить в 2 раза.

Рассчитанная безопасная высота должна выдерживаться в полете с учетом инструментальной и аэродинамической поправок высотомера. При полетах по ПВП вертикальное расстояние от самолета до нижней границы облаков должно быть не менее 50 м над равнинной и холмистой местностями, а также над водными пространствами и не менее 100 м над горной местностью.

Определение атмосферного давления, приведенного к уровню моря. Обычно в практике минимальное атмосферное давление на участках трассы, приведенное к уровню моря, определяется по синоптической карте. Но если на аэродроме, расположенном в равнинной и холмистой местностях, нет метеостанции, то приведенное давление определяет экипаж (пилот) по барометрическому высотомеру. Для этого необходимо стрелки высотомера установить на отсчет, равный абсолютной высоте аэродрома, а затем по шкале давления отсчитать приведенное давление на уровне моря.

Приведенное давление можно также рассчитать. В этом случае по высотомеру определяют давление на аэродроме, а затем рассчитывают приведенное давление по формуле:

$$P_{\text{прив}} = P_{\text{аэр}} \pm (H_{\text{аэр}}/11)$$

где $P_{\text{аэр}}$ — атмосферное давление на аэродроме;

$H_{\text{аэр}}$ — абсолютная высота аэродрома.

В формуле знак плюс соответствует положению аэродрома выше, а знак минус ниже уровня моря.

Приведение давления к уровню моря на метеостанциях осуществляется по специальным таблицам.

Расчет безопасной высоты полета для участков набора высоты и снижения. В период предполетной подготовки экипаж обязан определить безопасную высоту полета для участков набора высоты и снижения. Расчет безопасной высоты производится по давлению 760 мм рт. ст или по приведенному минимальному давлению в зависимости от правил выполнения полета. Минимальные безопасные истинные высоты полета для участков набора высоты и снижения установлены такие же, как и для полетов по воздушным трассам (маршрутам) и их берут в такой же зависимости от характера местности, правил выполнения полетов и скорости воздушных судов.

В соответствии с НПП ГА в районе подхода наивысшие точки рельефа с учетом высоты искусственных препятствий учитываются в полосе шириной по 25 км в обе стороны от оси коридора при полетах по ППП и в пределах ширины коридора при полетах по ПВП.

Расчет безопасной высоты для полета по схеме захода на посадку. Безопасная высота для полета по схеме захода рассчитывается по давлению на аэродроме посадки по формуле

$$H_{\text{аэр без}} = H_{\text{без ис Г}} + \Delta H_{\text{р}} - \Delta H_{\text{и}} - \Delta H_{\text{т}} - \Delta H_{\text{а}}$$

или

$$H_{\text{аэр без}} = \text{МБВ} - \Delta H_{\text{т}} - \Delta H_{\text{и}} - \Delta H_{\text{а}}$$

где МБВ — минимальная безопасная высота полета по схеме захода на посадку (указывается на схеме захода для полетов по ППП);

На схеме захода на посадку превышения рельефа и препятствий даны относительно уровня аэродрома.

Для полетов в зоне взлета и посадки установлены следующие минимальные безопасные истинные высоты: для полетов по ППП для всех воздушных судов — 300 м; для полетов по ПВП для воздушных судов со скоростью полета по кругу 300 км/ч и менее — 100 м; для полетов по ПВП для воздушных судов со скоростью полета по кругу более 300 км/ч — 200 м.

Превышения рельефа местности и искусственных препятствий учитываются в полосе по 10 км в обе стороны от оси маршрута захода на посадку при полетах по ППП и по 5 км при полетах по ПВП. На аэродромах, расположенных полета по давлению аэродрома в горной местности, при полете в зоне взлета и посадки по ПВП в отдельных случаях для воздушных судов со скоростью полета по кругу 300 км/ч и менее ширина полосы учета рельефа местности по решению начальника Управления ГА может быть сокращена. Это сокращение указывается в инструкции по производству полетов. Рассчитанная безопасная высота должна соблюдаться до выхода из четвертого разворота.

При выдерживании безопасной высоты по барометрическому высотомеру экипаж обязан учитывать инструментальную и аэродинамическую поправки высотомера.

§ 4. Предотвращение случаев потери ориентировки

Для достижения безопасности самолетовождения экипаж обязан в течение всего полета сохранять ориентировку, т.е. знать местонахождение воздушного судна. Современные средства самолетовождения обеспечивают сохранение ориентировки при полетах как днем, так и ночью. Однако практика показывает, что еще встречаются случаи потери ориентировки. Это вызывает необходимость изучения ее причин и действий экипажа при этом.

Ориентировка считается потерянной, когда экипаж не знает своего местонахождения и не может определить направление полета к пункту назначения. Ориентировка может быть потеряна полностью или временно. Ориентировка считается полностью потерянной, если экипаж по этой причине произвел вынужденную посадку вне аэродрома назначения. Ориентировка считается временно потерянной, если воздушное судно после потери ориентировки было выведено экипажем самостоятельно или при помощи наземных навигационных средств на заданный маршрут с последующей посадкой на аэродроме назначения.

При видимости земной поверхности факт потери ориентировки устанавливается невозможностью опознавания пролетаемой местности при сличении ее с картой и отсутствием ориентиров, ожидаемых по расчету времени. При полете вне видимости земной поверхности факт потери ориентировки устанавливается по невозможности даже приблизительно указать направление дальнейшего полета.

Каждый случай потери ориентировки тщательно расследуется, анализируется и разбирается с командным и летным составом. По результатам расследования принимаются меры к предотвращению подобных случаев в дальнейшем. Виновные в потере ориентировки по причинам халатности, недисциплинированности, нарушения правил и порядка самолетовождения привлекаются к ответственности.

Причины потери ориентировки. Чтобы предупредить случаи потери ориентировки, необходимо хорошо знать причины, приводящие к ее потере. Основными причинами потери ориентировки являются:

- недоученность летного состава в теории и практике самолетовождения;
- плохая подготовка к полету (слабое знание маршрута, неправильная или небрежная подготовка карт, ошибочный или неполный расчет полета, плохая подготовка навигационного оборудования воздушного судна);
- неисправность или полный отказ навигационного оборудования в полете;
- нарушение в полете основных правил самолетовождения по халатности и недисциплинированности экипажа (полет без учета курсов и времени, без контроля и своевременного исправления пути, произвольное, без надобности изменение режима полета, допущение грубых ошибок при определении фактических элементов полета);
- переоценка одних средств самолетовождения и пренебрежение другими, т. е. неиспользование дублирующих средств самолетовождения. Например, некоторые экипажи, надеясь, что они всегда выйдут на аэродром посадки “по радиокompасу, не ведут счисление пути, не сличают карту с местностью, пренебрегают запросом радиопеленгов, а при отказе радиокompаса, как правило, теряют ориентировку. Другие, наоборот, отдают предпочтение визуальной ориентировке и поэтому при встрече сложных метеословий попадают в затруднительное положение;
- неподготовленность экипажа к полету в неожиданно усложнившихся условиях (неожиданное ухудшение погоды, вынужденный полет в сумерках или ночью, попадание в район магнитной аномалии на малой высоте);
- плохая организация и управление полетами;
- слабый контроль готовности экипажа к полету и недостаточное внимание при послеполетном разборе к выявлению ошибок в навигационной работе экипажа, которые могут привести к потере ориентировки в последующих полетах.

Меры предотвращения случаев потери ориентировки. Для предотвращения случаев потери ориентировки необходимо:

- постоянно совершенствовать теоретическую и практическую штурманскую подготовку;
- тщательно и всесторонне готовиться к каждому полету, обращая внимание на правильность подготовки карт, навигационных расчетов и выбор радиотехнических средств для обеспечения выполнения полета;
- тщательно изучать воздушные трассы (маршрут), правила и режимы полетов на них;
- грамотно и в комплексе использовать все технические средства самолетовождения в полете;
- уметь правильно анализировать метеообстановку и заблаговременно определять в полете приближение воздушного судна к опасным или усложняющим полет метеорологическим явлениям;
- осуществлять всесторонний и полный контроль готовности экипажа к полету;
- не допускать нарушения правил самолетовождения, халатности и недисциплинированности.

Обязанности экипажа в случае потери ориентировки. При потере ориентировки у экипажа, естественно, возникает опасение за дальнейший исход полета и желание, как можно скорее восстановить ориентировку. У неопытных пилотов и штурманов это может вызвать излишнюю поспешность в принятии решения и привести к полету с произвольными курсами на повышенной скорости. Такое поведение усугубляет положение и, как правило, приводит к вынужденной посадке.

В случае потери ориентировки экипаж, не допуская растерянности, необдуманного принятия решения, полета с произвольными курсами и на повышенной скорости, обязан:

- включить сигнал бедствия аппаратуры опознавания;
- немедленно доложить службе движения о потере ориентировки, остатке топлива и условиях полета, применив сигнал срочности. В телеграфном режиме сигнал срочности передается кодовым выражением «БББ», а в телефонном режиме этот сигнал передается словом «ПАН»;
- не допуская паники, оценить обстановку и в зависимости от условий полета принять решение о восстановлении ориентировки всеми доступными способами, предусмотренными НШС и специальными указаниями, разработанными для данной воздушной линии;
- установить режим максимальной продолжительности полета, набрать высоту для увеличения радиуса действия радиотехнических средств, средств связи и улучшения обзора местности;
- в случае потери ориентировки вблизи государственной границы во избежание ее нарушения взять курс, перпендикулярный границе, на свою территорию и только после этого приступить к восстановлению ориентировки.

Способы восстановления ориентировки. Восстановление ориентировки во всех случаях экипаж обязан начинать с определения места самолета. Для этой цели прежде всего следует использовать автоматические навигационные устройства. При возможности следует запросить место самолета у службы движения. Если этого сделать нельзя, то необходимо проверить расчетные данные и по записям в штурманском бортовом журнале определить место самолета на карте прокладкой пути.

Основными способами восстановления ориентировки в зависимости от навигационной обстановки полета являются:

- определение места самолета прокладкой на карте линий положения, рассчитанных с помощью имеющихся в распоряжении экипажа радиотехнических и астрономических средств самолетовождения;
- выход на радионавигационную точку (РНТ);
- определение места самолета по данным пеленгования, полученным от радиолокаторов и пеленгаторных узлов;
- выход на характерный линейный или крупный площадной ориентир. При восстановлении ориентировки ночью при видимости земли применяется также выход на световой ориентир или на светомаяк, опознаваемый по характеру его работы. В светлую лунную ночь восстановление

ориентировки может осуществляться выходом на характерный линейный или световой ориентир.

Восстановление ориентировки штилевой прокладкой пути. Сущность этого способа состоит в том, что на карте от последнего достоверно пройденного ориентира по записанным в бортовом журнале курсам, скорости, времени и ветру прокладывается путь самолета и определяется его место к моменту потери ориентировки.

После определения места самолета прокладкой пути карту сличают с местностью. Если опознать наблюдаемые ориентиры не удастся, то экипаж обязан приступить к восстановлению ориентировки тем способом, который разработан для данной воздушной трассы.

Восстановление ориентировки прокладкой взаимно пересекающихся линий положения самолета состоит в том, что место самолета определяется прокладкой на карте двух радиопеленгов от РНТ или прокладкой двух астрономических линий положения. Точка пересечения двух линий положения на карте даст место самолета.

Восстановление ориентировки выходом на РНТ. Выход на РНТ является наиболее простым и надежным способом восстановления ориентировки. Применяется он во всех случаях и особенно, когда РНТ расположена в пункте назначения, вблизи его или на одном из запасных аэродромов. При полете на РНТ необходимо стремиться восстановить ориентировку до выхода на РНТ. Для этого нужно заметить Курс по компасу, мысленно отложить обратный курс от РНТ и сличать карту с местностью в ограниченной полосе по направлению полета. Если до подхода к РНТ ориентировку восстановить не удалось, то необходимо точно определить момент пролета РНТ. Выход на РНТ укажет место самолета.

Восстановление ориентировки выходом на линейный ориентир или на характерный крупный ориентир. Этот способ применяется при видимости земной поверхности или при наличии на самолете радиолокационной станции и достаточном запасе топлива, обеспечивающем выход на линейный ориентир и затем на аэродром посадки. Для восстановления ориентировки выбирается линейный ориентир, находящийся за пределами предполагаемого района потери ориентировки. Выбрав линейный ориентир, необходимо убедиться, что запаса топлива хватит для выхода на этот ориентир и затем для полета к пункту назначения или к ближайшему запасному аэродрому.

Для выхода на линейный ориентир берется курс, перпендикулярный к этому ориентиру. В полете к нему необходимо сличать карту с местностью или с изображением на экране бортовой радиолокационной станции и пытаться восстановить ориентировку. Если это не удалось, то выйдя на линейный ориентир, необходимо взять курс для полета вдоль него в сторону наиболее вероятного местонахождения характерных ориентиров. Следуя вдоль линейного ориентира, проверить по компасу соответствие его направления на местности направлению на карте. Убедившись, что выход осуществлен на намеченный ориентир, принять решение о дальнейшем полете для полного восстановления ориентировки.

Если нет линейного ориентира, но за районом потери ориентировки имеется характерный крупный ориентир, то ориентировку можно восстановить выходом на него. Однако этот способ применим, если есть возможность вначале проложить на карте хотя бы одну линию положения самолета, которая проходит через характерный ориентир. Курс для выхода на него берется вдоль этой линии в сторону расположения ориентира. Если линия положения проходит в стороне от характерного ориентира, нужно через ориентир провести линию, параллельную линии положения, и взять курс, перпендикулярный к ней. Затем измерить расстояние между проложенными линиями и по путевой или воздушной скорости рассчитать время полета до линии, проходящей через ориентир. По истечении расчетного времени полета взять курс вдоль линии по направлению на ориентир и сличением карты с местностью восстановить ориентировку.

Восстановив ориентировку, командир воздушного судна в зависимости от характера выполняемого полетного задания, запаса топлива и времени суток обязан принять решение на дальнейший полет, т. е. продолжать его в пункт назначения, вернуться на аэродром вылета или

совершить вынужденную посадку на ближайшем запасном аэродроме.

В случае, если ориентировку восстановить не удастся, командир воздушного судна обязан принять необходимые меры для посадки на первом встретившемся аэродроме или на пригодной для этого площадке, не дожидаясь полного израсходования топлива. Следует иметь в виду, что имеющегося в баках запаса топлива должно хватить на тщательный осмотр места посадки, а также на случай ухода на второй круг; в ночном полете, если позволяет запас топлива, продержаться в воздухе до рассвета, а если такой возможности нет, произвести посадку на первом встретившемся аэродроме или на выбранной с воздуха площадке, используя парашютные или сигнальные осветительные ракеты.

§5. Предотвращение случаев попадания самолетов в районы с опасными для полетов метеоявлениями.

Опасными для полетов метеорологическими явлениями являются: на аэродромах вылета и посадки — гроза, ураган, смерч, град, гололед, туман, метель и осадки при горизонтальной видимости ниже установленного минимума; пыльная или песчаная буря; облачность, высота которой ниже установленного минимума; ветер, скорость которого у земли превышает предел, установленный руководством по эксплуатации воздушного судна данного типа;

по маршруту полета— гроза и град; интенсивное обледенение; все метеоявления, ухудшающие горизонтальную видимость ниже установленного минимума для визуальных полетов по данной трассе на малых высотах; сильная турбулентность атмосферы; закрытие облаками вершин гор, сопок и перевалов при визуальных полетах в горных районах.

Для предотвращения случаев попадания в районы с опасными для полетов метеоявлениями необходимо:

- перед полетом тщательно изучить метеобстановку по трассе и прилегающим к ней районам;
- наметить порядок обхода опасных условий погоды;
- наблюдать в полете за изменением погоды, особенно за развитием явлений, опасных для полетов;
- периодически получать по радио сведения о состоянии погоды на трассе, в пункте назначения и на запасных аэродромах;
- при встрече с опасными для полета метеоявлениями немедленно докладывать об этом службе движения и, если нет возможности обойти их, необходимо вывести самолет из опасного для полета района и возвратиться на аэродром вылета или произвести посадку на ближайшем запасном аэродроме;
- все изменения навигационного режима полета, связанные с опасными условиями погоды, подробно записывать в штурманский бортовой журнал, отмечая в нем -время, курс, высоту и скорость полета.

При наличии опасных метеоявлений по маршруту полета командир воздушного судна обязан принять меры для их обхода. Если опасные метеоявления невозможно обойти путем изменения маршрута или высоты полета, то экипаж (пилот) обязан возвратиться на аэродром вылета или произвести посадку на ближайшем запасном аэродроме. Командиру вертолета в этом случае разрешается произвести посадку на площадку, выбранную с воздуха.

Глава 10 Штурманская подготовка к полету.

§1. Предварительная штурманская подготовка к полету

Четкость работы экипажа в воздухе во многом зависит от качества штурманской подготовки к полету, которая проводится с целью облегчения самолетовождения и обеспечения безопасности и точности выполнения полета по заданному маршруту, предотвращения потери ориентировки и

прибытия в пункт назначения в заданное время.

Все члены экипажа независимо от занимаемой должности и опыта летной работы обязаны подготовиться в штурманском отношении и пройти проверку готовности к полету. Штурманская подготовка к полету подразделяется на предварительную и предполетную.

Предварительная штурманская подготовка к полету проводится экипажем в полном составе накануне дня вылета. При необходимости она может проводиться и в более ранние сроки. Цель такой подготовки — изучение и усвоение элементов предстоящего полета. Она организуется и проводится командиром подразделения или его заместителем по летной службе с участием необходимых специалистов в следующих случаях:

- при полетах экипажа по данной трассе (маршруту) впервые;
- при полетах по специальным заданиям и полетах вне трассы;
- перед выполнением особо важных полетов;
- после перерыва в полетах экипажа по данной трассе более 3 мес.;
- при полетах в горной местности — ежеквартально.

Предварительная штурманская подготовка проводится также если один из членов экипажа (командир воздушного судна, или штурман, или второй пилот — при полете без штурмана) выполняет полет впервые или имеется перерыв в полетах по данной трассе более 3 мес.

Предварительная штурманская подготовка экипажа включает:

- уяснение задачи предстоящего полета;
- выбор и подготовку полетных и бортовых карт, необходимой документации, справочных материалов и личного штурманского снаряжения;
- прокладку и изучение маршрута полета, изучение рельефа местности, расположения препятствий по маршруту и в районе аэродромов, характерных радиолокационных ориентиров по маршруту и условий ведения контроля пути и ориентировки;
- изучение основных и запасных аэродромов и инструкций по производству полетов на этих аэродромах;
- изучение расположения радиотехнических средств самолетовождения и посадки и особенностей их использования;
- изучение рубежей УВД, зон и районов с особым режимом полета по маршруту и порядка полетов в них;
- проверку схем снижения и захода на посадку на аэродромах предстоящего полета и данных работы радио- и светотехнических средств по контрольным сборникам;
- определение методов восстановления ориентировки на различных участках маршрута полета и действий экипажа на случай ухудшения метеоусловий;
- выполнение предварительного расчета полета, заполнение штурманского бортового журнала, а при полетах по международным воздушным линиям- еще и специального плана полета (флайт- плана);
- расчет (подбор) установочных данных при полетах с использованием навигационных комплексов.

В заключение предварительной подготовки проводится розыгрыш полета и проверка готовности экипажа.

Выбор и подготовка карт. Для выполнения полета на борту воздушного судна должен быть комплект подготовленных полетных и бортовых карт. Полетная карта предназначена для самолетовождения по маршруту полета, а бортовая — на случай восстановления ориентировки, обхода опасных метеорологических явлений и для полета на запасные аэродромы.

Для самолетов 1, 2 и 3-го классов основными полетными картами являются карты масштаб 1:2000000 или крупнее, охватывающие район не менее чем по 200 км в обе стороны от заданного маршрута, для самолетов 4-го класса и вертолетов всех классов — карты масштаб 1:1 000 000 или крупнее, охватывающие район не менее чем по 100 км в обе стороны от заданного маршрута.

В зависимости от характера выполняемого задания полетные карты могут быть более крупного масштаба (1:500 000 и крупнее).

При выполнении полетов в 100-километровой зоне от государственной границы по правилам визуальных полетов применяются полетные карты масштаба 1:1000 000 или крупнее. При выполнении международных полетов над территорией иностранных государств разрешается пользоваться картами, изданными иностранными фирмами.

В качестве бортовой карты для самолетов 1-го и 2-го классов используют карты масштаба 1:4 000 000 или 1:2 000 000, охватывающие район не менее чем по 700 км в обе стороны от заданного маршрута. Для самолетов 3-го и 4-го классов и вертолетов всех классов - карта масштаба 1:2000000, охватывающая район не менее чем по 400 км в обе стороны от заданного маршрута.

Подготовка карт включает в себя подбор необходимых листов карт по сборной таблице или по схеме прилегающих листов, имеющейся на каждом листе карты, их склейку, складывание и нанесение специальной нагрузки. На полетной карте производится прокладка и разметка: маршрута, а для использования некоторых радиотехнических систем— нанесение дополнительной нагрузки.

Прокладка маршрута на полетной карте осуществляется в следующей последовательности.

1. Обвести кружками красного цвета ИПМ, ППМ, КО и КПМ. Диаметр кружков 8—10 мм. Контрольные ориентиры выбираются в пределах трассы через каждые 50—250 км (в зависимости от характера выполняемого задания и класса воздушного судна). В качестве ИПМ, как правило, берется аэродром вылета, а в качестве КПМ — аэродром посадки. ППМ и КО могут быть границы РДС, пункты пересечения воздушных линий РНТ входных, и выходных коридоров или наиболее характерные ориентиры.

2. Провести на карте линию пути черного цвета, оставив в середине участка разрыв для записи расстояния. Внутри кружков линия пути не проводится.

3. Определить расстояния и заданные магнитные путевые углы между контрольными ориентирами и записать их на карте. Расстояния записываются черным цветом посередине участка маршрута, а путевые углы со значком градуса — красным цветом в начале участка маршрута вдоль ЛЗП. Возле цифр путевых углов ставятся стрелки, указывающие, какому направлению полета соответствуют заданные путевые углы.

Магнитные путевые углы указываются на каждом изломе маршрута, между контрольными ориентирами и при изменении магнитного склонения более чем на 2° . На полетных картах для поршневых самолетов и вертолетов указывается ЗМПУ, измеренный относительно среднего меридиана участка маршрута.

4. Отметить на карте магнитное склонение красным цветом в красных кружках. При записи склонения указывается его знак, величина и размерность.

5. Обвести черными прямоугольниками командные высоты местности в полосе не менее чем по 50 км в обе стороны от оси трассы (маршрута), а в районе аэродрома — в радиусе 50 км от центра аэродрома. Прямоугольники располагают длинной стороной с запада на восток. Если воздушная линия проходит в горной местности, то ее опасный район отметить ограничительными пеленгами.

6. При полетах в горных районах на самолетах 3-го и 4-го классов и вертолетах всех классов на полетной карте или отдельных бланках нанести профиль рельефа местности по наибольшим командным высотам в полосе ширины трассы при полетах по ПВП и по 25 км в обе стороны от оси трассы при полетах по ППП.

7. На полетных картах для воздушных судов, имеющих бортовые радиолокаторы, выделить кружком желтого цвета и затушевать желтым цветом радиолокационные ориентиры. От этих ориентиров провести линии траверзов к ЛЗП. В разрывах этих линий записать расстояния от ориентиров до ЛЗП, а вдоль линий траверзов записать расстояния по ЛЗП от точек траверзов до контрольных ориентиров.

8. При полетах вблизи государственной границы на картах нанести красным цветом ограничительные пеленги, ближе которых подходить к границе запрещается, записать на них значения

пеленгов и выделить контрастно линию государственной границы.

9. Нанести границы районов диспетчерской службы (районных центров УВД) красными линиями с поперечными черточками, а названия районов записать черным цветом.

При подготовке полетных карт для полетов на самолетах с ГТД на карты дополнительно наносят:

- азимутальные круги вокруг РНТ радиусом 3—5 см с оцифровкой через 30 и ценой деления 5°;
- в необходимых секторах линии пеленгов от точек расположения радиолокаторов и радиопеленгаторов с указанием на 100-километровой дуге окружности углов через 5° с оцифровкой через 30° и расстояний на одном из радиусов сектора через 20 км;
- опорные меридианы красным цветом;
- ортодромические заданные путевые углы;
- поправки на угол схождения меридианов и магнитное склонение. Эти величины записываются в красных кружках дробью в стороне от маршрута с правой стороны от ЛЗП в обоих направлениях полета. Поправка на угол схождения меридианов указывается в числителе и записывается черным цветом, а магнитное склонение указывается в знаменателе и записывается красным цветом;
- прямые линии длиной 1-1,5 см по оси ВПП каждого аэродрома по маршруту полета для ориентировки при заходе на посадку с прямой.

Подготовка бортовой карты. При подготовке на бортовую карту наносятся: маршрут полета с разметкой пути; местонахождение радиотехнических средств (через РНТ проводят отрезки меридиана и параллели длиной 3—5 см); азимутальные круги вокруг РНТ радиусом 3—5 см с оцифровкой через 30° и делениями через 5°; линии предвычисленных пеленгов от РНТ на контрольные ориентиры и аэродромы по маршруту полета; десятиминутные деления по широте и долготе, на меридианах и параллелях для астрономических определений.

Изучение маршрутов полета и аэродромов. Маршрут полета экипаж изучает одновременно с подготовкой полетной карты. При полетах на самолетах 1-го и 2-го классов экипаж обязан изучить маршрут полета в полосе по 200 км в обе стороны от линии пути, при полетах на самолетах 3-го и 4-го классов и вертолетах в полосе по 100 км.

Изучение маршрута полета на карте должно дополняться изучением инструкций по производству полетов на аэродромах воздушной линии, изучением навигационной обстановки, а также использованием сведений экипажей, ранее летавших по этому маршруту.

В результате изучения маршрута экипаж должен знать:

- установленный маршрут полета и общую протяженность;
- рельеф местности и расположение препятствий по маршруту и в районе аэродрома посадки;
- характерные линейные и площадные ориентиры и возможность их использования для ориентировки днем и ночью;
- расположение наземных технических средств самолетовождения и данные об их работе;
- зоны и районы с особым режимом полетов по маршруту и порядок полетов в них, воздушные коридоры для подхода к аэродромам, расположенным у крупных городов, эшелонирование полетов по высотам;
- аэродромную сеть и данные об основных и запасных аэродромах;
- привязку аэродромов, размеры и расположение ВПП, их профиль и высоту над уровнем моря, площадки на случай вынужденной посадки, схемы входа и выхода с различными курсами посадки, препятствия в районе аэродромов в радиусе 50 км, расположение технических средств, обеспечивающих самолетовождение и посадку, зоны ожидания, схемы снижения и захода на посадку, минимумы для взлета и посадки воздушных судов;
- порядок ведения радиосвязи по трассе и в районах аэродромов с диспетчерскими пунктами.

Изучение радиотехнических средств. Данные о наземных технических средствах самолетовождения и посадки выбирают из регламентов средств радиосвязи и радиосветотехнического обеспечения полетов.

В результате изучения радиотехнических средств экипаж должен знать:

- их месторасположение;
- частоту работы (номер канала) и позывные;
- возможность использования этих средств при полете по данной трассе;
- план использования радиотехнических средств по этапам маршрута.

Предварительный расчет полета. Предварительный расчет полета выполняется в процессе прокладки и изучения маршрута и радиотехнических средств. В результате предварительного расчета полета должны быть определены: магнитные (ортодромические) путевые углы, расстояния по участкам маршрута и общее расстояние; предвычисленные магнитные (истинные) радиопеленги от контрольных ориентиров маршрута полета, на боковые РНТ; время восхода и захода Солнца и Луны в пунктах вылета и посадки и на запасных аэродромах.

Данные предварительного расчета полета записывают в соответствующие графы штурманского бортового журнала.

При выполнении особо важных полетов штурман корабля совместно с инженером отряда составляет инженерно-штурманский расчет полета, в результате которого определяются высота и скорость полета, режим работы двигателей, расход топлива и его остаток по участкам маршрута.

Штурманский план полета. В летных учебных заведениях курсантами и слушателями, кроме штурманского бортового журнала, составляется штурманский план полета, в котором излагается последовательность работы курсанта (слушателя) в воздухе при выполнении учебного задания.

Штурманский план полета составляется на отдельном листе бумаги, на котором изображается схема маршрута и записывается порядок работы по самолетовождению.

В плане полета указываются:

- порядок выполнения маневра для выхода на ИПМ и порядок и способы использования радиотехнических средств при выводе самолета на ЛЗП и поворотные пункты маршрута;
- способы контроля и исправления пути по участкам маршрута;
- действия экипажа при изменении маршрута полета;
- порядок работы на контрольном этапе;
- способы выхода на КПП и аэродром посадки;
- действия экипажа при потере ориентировки или резкого ухудшения метеорологических условий;
- другие вопросы, способствующие успешному выполнению учебного задания.

Штурманский план полета в виде схемы с пояснениями составляется курсантами летных училищ под руководством инструкторского состава

§2. Предполетная штурманская подготовка.

Предполетная штурманская подготовка организуется и проводится командиром воздушного судна перед каждым полетом с учетом конкретной навигационной обстановки и метеорологических условий, складывающихся непосредственно перед вылетом. В этот период каждый член экипажа выполняет по своей специальности перечень обязательных действий в соответствии с руководством по летной эксплуатации и пилотированию данного воздушного судна и технологии работы экипажа. К предполетной подготовке экипаж должен приступить не позже чем за час до намеченного времени вылета, а в промежуточных аэропортах при кратковременных стоянках — с момента явки экипажа в АДП после посадки.

В результате предполетной подготовки должна быть обеспечена готовность к вылету экипажа, самолета и его оборудования. Предполетная штурманская подготовка включает:

- изучение навигационной и метеорологической обстановки по маршруту полета, а также в районах основных и запасных аэродромов;
- получение полетных и бортовых карт, сборников аэронавигационных данных по воздушным трассам, регламентов средств радиосвязи и радиотехнического обеспечения полетов;
- сигналов опознавания, листа предупреждений и других необходимых полетных документов
- знакомство с текущей информацией, изменениями в навигационной обстановке по маршруту полета, на основных и запасных аэродромах, изменениями в работе радиотехнических средств;
- расчет элементов полета по маршруту, потребного для заправки количества топлива, рубежей возврата, безопасных высот полета и нижних безопасных эшелонов, предельно допустимого взлетного веса, длины разбега;
- штурманский контроль готовности экипажа к полету;
- осмотр навигационного и навигационно-пилотажного оборудования.

Командир воздушного судна в процессе предполетной подготовки обязан:

- получить у диспетчера АДП информацию о технической готовности основных и запасных аэродромов по маршруту полета, о состоянии аэродрома вылета, а также их оборудования, аэронавигационного обеспечения по трассе, о фактической загрузке и заправке топливом;
- тщательно изучить метеорологическую обстановку по трассе полета, а также на основных и запасных аэродромах, обращая внимание на возможность изменения во время полета погоды и возникновения опасных метеорологических явлений, получить от диспетчера АДП указания об эшелоне полета и порядке набора заданной высоты;
- получить в БАИ сигналы опознавания;
- руководить составлением штурманского плана полета, ознакомиться с текущей информацией и навигационной обстановкой в аэропорту вылета, уточнить схемы руления и выхода после взлета. По окончании штурманской подготовки представить дежурному штурману бортовой журнал и пройти штурманский контроль готовности экипажа к полету;
- получить метеодокументацию, предъявить диспетчеру АДП задание на полет, штурманский бортовой журнал, метеорологическую документацию, принять решение на вылет и получить диспетчерское разрешение на вылет;
- после предполетной подготовки в АДП прийти на воздушное судно, принять доклады членов экипажа о готовности воздушного судна к вылету, выполнить предполетный осмотр, проверить по документам и приборам наличие необходимого количества топлива, а также центровку и взлетный вес.

Штурман в процессе предполетной подготовки обязан:

- изучить метеорологическую и навигационную обстановку;
- получить сборники аэронавигационных данных, а при отсутствии бортрадииста в составе экипажа- регламенты средств радиосвязи и радиосветотехнического обеспечения полетов, сверить их с контрольными экземплярами;
- рассчитать элементы по участкам трассы с учетом прогноза ветра по высотам, определить высоты нижних безопасных эшелонов, безопасные высоты полета по давлению 760 мм рт. ст. на участках трассы для самолетов с ПД и вертолетов всех классов и для самолетов с ГТД — при полете по маршруту в горной местности и на участках набора высоты и снижения;
- рассчитать рубежи возврата;
- рассчитать длину сбалансированной взлетной дистанции;
- заполнить штурманский бортовой журнал, а при полетах за границу- дополнительно и флайт-план, пройти штурманский контроль готовности к полету;
- сверить показания личных и бортовых часов с показаниями контрольных часов;
- участвовать в принятии командиром воздушного судна решения на вылет;
- выполнить осмотр и подготовку к полету навигационного и навигационно-пилотажного

оборудования воздушного судна.

Изучение метеорологической обстановки. Метеорологическая обстановка изучается в полосе шириной не менее чем 200 км в обе стороны от линии пути. На метеостанции экипаж обязан получить подробную консультацию и изучить: фактическую погоду на аэродромах вылета, посадки и на запасных аэродромах; прогноз ветра по высотам; прогноз погоды на аэродроме посадки на период, соответствующий расчетному времени прибытия, а также прогноз на запасных аэродромах. Необходимо особое внимание обращать на возможность изменения, погоды и возникновения опасных метеорологических явлений.

В результате консультации и изучения метеорологической обстановки экипаж должен знать: расположение высотных и приземных барических образований, фронтальных разделов и связанные с ними условия погоды, возможности обхода и пересечения районов с опасными для полета метеорологическими явлениями; высоту и наклон тропопаузы; направление струйных течений и их скорость; расположение относительно маршрута теплых и холодных воздушных масс.

Определение наивыгоднейшей высоты и эшелона полета. Высота полета должна выбираться с учетом экономичности выполнения полета.

Наивыгоднейшая высота полета определяется километровым расходом топлива и зависит от расстояния между аэродромами взлета и посадки, скорости и направления ветра по высотам, взлетного веса самолета и температуры наружного воздуха.

При безветрии наивыгоднейшая высота в зависимости от расстояния между аэродромами взлета и посадки дается в Руководстве по летной эксплуатации и пилотированию данного типа воздушного судна.

Расчет элементов полета. Расчет элементов полета во время предполетной штурманской подготовки включает:

- определение углов сноса, магнитных курсов, путевых скоростей и времени полета для каждого участка маршрута;
- общей продолжительности полета;
- режима работы двигателей и потребного запаса топлива;
- расчет рубежей возврата на запасные аэродромы; определение нижних безопасных эшелонов и безопасных высот.

Навигационные данные на участках набора высоты и снижения принято рассчитывать по средней истинной воздушной скорости в зависимости от длины этих участков.

Расчет расхода топлива по участкам маршрута и заправки топливом. Расчет расхода топлива по участкам маршрута производится по следующим данным:

- на участках набора высоты и снижения по среднему часовому расходу топлива, определяемому по таблицам набора высоты и снижения.
- на участках горизонтального полета — по часовому расходу топлива, взятому из таблицы крейсерских режимов горизонтального полета;
- расход топлива на земле, на взлет и посадку и невырабатываемый остаток — по данным руководства по летной эксплуатации каждого типа самолета.

Кроме расчетного количества топлива, необходимого для выполнения полета до аэродрома посадки, на каждом воздушном судне должен быть навигационный запас топлива. С определения этого запаса начинают расчет потребного количества топлива.

На основании необходимого навигационного запаса топлива и полученного расхода топлива по участкам маршрута определяют расчетный остаток топлива для каждого ППМ. Определение расчетных остатков топлива начинают от аэродрома посадки, последовательно прибавляя расход топлива по участкам маршрута к предыдущему остатку. Расчетные остатки топлива для ППМ записываются в штурманском бортовом журнале в графе «Расчетный остаток топлива».

Общий запас топлива, необходимый для выполнения рейса, по данным расхода на участках маршрута определяется по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{нз}} + Q_{\text{марш}} + Q_{\text{взл пос}} + Q_{\text{зем}} + Q_{\text{нев ост}}$$

где $Q_{\text{нз}}$ — навигационный запас топлива;

$Q_{\text{марш}}$ — количество топлива, расходуемого в полете от ИПМ до КПМ, которое определяется как сумма расходов топлива по участкам маршрута;

$Q_{\text{зем}}$ — количество топлива, расходуемого двигателями на земле при прогреве, опробовании и рулении;

$Q_{\text{взл пос}}$ — количество топлива, расходуемого на взлет и посадку;

$Q_{\text{нев ост}}$ — невырабатываемый остаток топлива.

Решение о количестве навигационного запаса топлива в каждом отдельном случае принимает командир корабля по согласованию с диспетчером в зависимости от метеорологических условий по трассе, на аэродроме посадки и расстояний до запасных аэродромов.

Навигационный запас топлива должен обеспечить полет воздушного судна от аэродрома посадки (с высоты принятия решения) до запасного аэродрома и полет в течение 30 мин для захода на посадку. Во всех случаях навигационного запаса топлива должно хватать не менее чем на 1 ч полета. Для воздушных судов, выполняющих полеты вглубь центрального полярного бассейна и в Антарктиде, навигационный запас топлива должен быть не менее чем на 2 ч полета. Навигационный запас топлива рассчитывается исходя из средних норм расхода топлива у земли и на высоте полета