

А.М. Антонов

**Руководство по
самолетовождению**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 030
ББК 92
А11

А11 **А.М. Антонов**
Руководство по самолетовождению / А.М. Антонов – М.: Книга по Требованиям, 2021. – 468 с.

ISBN 978-5-458-45338-7

ISBN 978-5-458-45338-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованиям», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс
www.samizday.ru/reprint

правления пути на всех этапах полета от взлета и до посадки включительно.

6. Экипаж должен в совершенстве изучить технические средства самолетовождения, их возможности и способы применения для решения навигационных задач.

7. Технические средства самолетовождения основаны на использовании различных источников навигационной информации: земного магнетизма, атмосферы, окружающей земной шар, ориентиров на земной поверхности, земного тяготения, электромагнитных полей, небесных светил и т. д.

8. Технические средства самолетовождения по принципу действия, определяемому первичным источником навигационной информации, подразделяются на четыре группы:

— **геотехнические** средства самолетовождения, основанные на измерении различных параметров естественных (геофизических) полей Земли;

— **радиотехнические** средства самолетовождения, основанные на измерении параметров электромагнитных полей, излучаемых специальными устройствами, находящимися на борту самолета или на земле;

— **астрономические** (радиоастрономические) средства самолетовождения, основанные на использовании космических источников навигационной информации в виде светового, радиоизлучения небесных светил;

— **светотехнические** средства самолетовождения, основанные на использовании бортовых или наземных источников света.

9. К геотехническим средствам самолетовождения относятся:

— магнитные компасы, основанные на измерении параметров магнитного поля Земли и предназначенные для определения направления полета;

— гироскопические навигационные и пилотажные приборы (гирополукомпасы, авиагоризонты, гировертикали и т. д.), основанные на использовании свойств гироскопа и предназначенные для определения угловых величин, характеризующих положение самолета относительно Земли (курс, крен, тангаж и т. д.);

— дистанционные гиромагнитные и гиरोиндукционные компасы, представляющие собой комплекс магнитных и гироскопических курсовых приборов, предназначенных для определения и выдерживания заданного направления полета;

— указатели воздушной скорости, барометрические высотомеры, термометры наружного воздуха и централизованные датчики воздушных сигналов, предназначенные для определения и выдерживания высоты и скорости полета на основании измерения параметров земной атмосферы, т. е. статического, динамического давления и температуры наружного воздуха;

— оптические визирь, основанные на принципе визуального наблюдения земной поверхности и предназначенные для измере-

ния навигационных элементов полета: путевой скорости, угла спуска, ветра и т. д.;

— автоматические навигационные устройства воздушного счисления пути, служащие для определения местонахождения самолета и работающие от датчиков, использующих различные геофизические поля Земли;

— инерциальные системы, предназначенные для непрерывного определения местонахождения, скорости и направления полета самолета и основанные на принципе измерения и интегрирования ускорений движения самолета.

Геотехнические средства самолетовождения позволяют выдерживать заданный режим полета и обеспечивают выход в район цели.

К преимуществам геотехнических средств относятся надежность, автономность и высокая помехозащищенность.

10. К радиотехническим средствам самолетовождения относятся:

— угломерные системы (самолетные радиоконпасы с наземными передающими радиостанциями, наземные радиопеленгаторы и радномаяки с самолетными приемо-передающими радиостанциями), предназначенные для осуществления самолетовождения по маршруту и привода самолетов на радионавигационную точку (РНТ), аэродромы и для захода на посадку;

— дальномерные системы, предназначенные для точного вывода самолетов на цели и применения средств поражения по объектам, координаты которых известны; они позволяют определять координаты места самолета и наземных объектов, определять навигационные элементы полета и осуществлять контроль результатов тактических бомбометаний;

— угломерно-дальномерные системы (радиотехнические системы ближней навигации, наземные радиолокационные станции и системы межсамолетной навигации), предназначенные для вывода самолетов на наземные и воздушные цели, определения места самолета, привода на аэродромы и для обеспечения построения маневра для захода на посадку и посадки; угломерно-дальномерные системы, установленные на борту самолетов, позволяют решать задачи межсамолетной навигации, обеспечивают встречу самолетов (групп) в воздухе, контроль построения и выдерживание боевых порядков и др.;

— разностные (гиперболические) системы, предназначенные для решения задач самолетовождения путем определения местонахождения самолета в полете;

— бортовые радиолокационные станции, предназначенные для обзора местности в целях ведения ориентировки, определения навигационных элементов полета, выполнения бомбометания, стрельбы и пуска ракет, а также для обнаружения самолетов в воздухе и определения своего места в боевом порядке относительно других самолетов;

— доплеровские измерители, предназначенные для непрерывного определения угла сноса, путевой скорости полета и определения текущих координат самолета методом счисления пути.

В зависимости от устройства и тактико-технических данных радиотехнических средств самолетовождения делятся на системы дальней навигации (свыше 1000 км), ближней навигации (до 1000 км), межсамолетной навигации и посадки самолетов.

К преимуществам радиотехнических средств относится их высокая точность и возможность использования практически в любых метеорологических условиях и в любое время суток. Они широко применяются при выполнении полетов вне видимости наземных ориентиров, над морем, для обеспечения самолетовождения и посадки в сложных метеорологических условиях и ночью.

К недостаткам радиотехнических средств относятся их подверженность естественным (атмосферным) помехам и помехам, создаваемым специальной аппаратурой, ограниченная дальность действия большинства радиотехнических систем, особенно при полете на малых высотах, и зависимость точности определения местонахождения от дальности до наземных станций.

11. К астрономическим средствам самолетовождения относятся:

— астрономические компасы, предназначенные для определения курса самолета пеленгацией небесных светил;

— авиационные секстанты, предназначенные для определения местонахождения самолета по измеренным высотам светил;

— астрономические ориентаторы, предназначенные для автоматического определения координат местонахождения самолета наблюдением за небесными светилами с помощью фотоэлектрических следящих систем.

Астрономические средства могут применяться при визуальной (оптической) видимости небесных светил (Солнца, планет, звезд).

Преимуществами астрономических средств самолетовождения являются их автономность, независимость точности определения местонахождения и курса самолета от дальности полета и возможность применения над безориентирной местностью.

12. К светотехническим средствам самолетовождения относятся:

— светотехническое оборудование системы посадки;

— световые маяки (наземные и бортовые);

— пиротехнические средства;

— ориентирные бомбы и знаки.

Светотехнические средства облегчают ведение ориентировки, решение некоторых задач межсамолетной навигации и посадку самолетов, особенно в ночных условиях.

13. Технические средства самолетовождения подразделяются на автономные и неавтономные.

Автономные средства не требуют специального наземного оборудования и могут применяться при полетах по маршрутам лю-

бой протяженности. К ним относятся геотехнические, астрономические, а также некоторые из радиотехнических средств.

Неавтономные средства включают самолетные и наземные устройства, используемые совместно. К ним относятся радиотехнические системы и наземные светотехнические средства.

14. В основе самолетовождения лежит определение места самолета счислением пути, периодически корректируемым с помощью технических средств или визуальной ориентировкой. Успешное выполнение полета по заданному маршруту требует комплексного применения технических средств самолетовождения в сочетании с визуальной ориентировкой. Для облегчения работы экипажа в полете и повышения точности самолетовождения на современных самолетах, как правило, устанавливаются автоматизированные комплексные системы самолетовождения. В комплексных системах самолетовождения недостатки одной группы технических средств компенсируются преимуществами другой группы, что позволяет создавать автоматизированные устройства, обладающие достаточной точностью, надежностью и помехозащищенностью работы в любых условиях полета. Экипаж должен выбирать для решения тех или иных задач самолетовождения такие средства из имеющихся в его распоряжении, которые в данных условиях полета и тактической обстановке обеспечат успешное выполнение задания и безопасность полета.

ГЛАВА II

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ КАРТОГРАФИИ

1. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

15. Физическая поверхность Земли, имеющая сложную геометрическую форму, близка к геоиду.

Геоидом называется фигура, ограниченная уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии равновесия воды (рис. 1). Уровенная поверхность в каждой своей точке нормальна к направлению силы тяжести.

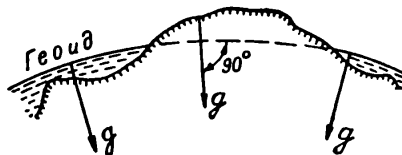


Рис. 1. Поверхность геоида

Поверхность геоида не может быть выражена простым математическим уравнением. Поэтому для решения геодезических и картографических задач геоид заменяется эллипсоидом вращения, который называют земным эллипсоидом.

Эллипсоид вращения определенных размеров, ориентированный определенным образом в теле геоида, называется референц-эллипсоидом. Он подбирается таким образом, чтобы был наиболее близок к поверхности геоида в пределах данной территории.

16. В СССР и других социалистических странах Европы и Азии принят референц-эллипсоид Ф. Н. Красовского (рис. 2), имеющий следующие характеристики:

Большая полуось — $a = 6\,378\,245$ м

Малая полуось — $b = 6\,356\,863$ м

Сжатие — $c = 0,00335233$

17. Для решения большинства задач самолетовождения Земля принимается за сферу.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

18. Положение точки определяется:

а) на поверхности геоида и земного эллипсоида — географическими координатами: географической широтой φ и географической долготой λ ;

б) на поверхности земной сферы — сферическими координатами: сферической широтой φ_c и сферической долготой λ_c , или ортодромическими координатами $X_{орт}$ и $Y_{орт}$.

19. Географической широтой φ называется угол, заключенный между плоскостью экватора и нормалью (отвесной линией) к поверхности эллипсоида (геоида) в данной точке (рис. 2). Широта измеряется от плоскости экватора к полюсам от 0 до 90° к северу или югу. Северная широта считается положительной, южная — отрицательной.

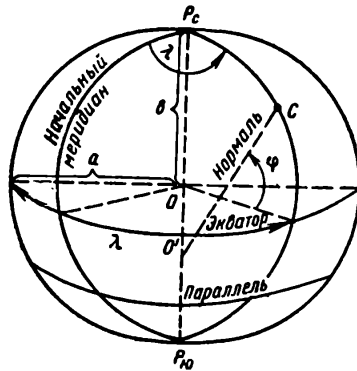


Рис. 2. Географические координаты

Географической долготой λ называется двугранный угол (рис. 2), заключенный между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки. Долгота измеряется в пределах от 0 до 180° либо центральным углом в плоскости экватора (в плоскости параллели), либо дугой экватора от начального меридиана до меридиана данной точки. Долгота, измеренная на восток от начального меридиана, называется восточной и считается положительной. Долгота, измеренная на запад, называется западной и считается отрицательной. При решении некоторых задач долгота может отсчитываться только на восток от 0 до 360°. За начальный меридиан принят гринвичский меридиан, проходящий через центр Гринвичской астрономической обсерватории близ Лондона.

20. Сферической широтой φ_c называется угол, заключенный между плоскостью экватора и направлением на данную точку из центра земной сферы (рис. 3). Сферическая широта измеряется центральным углом или дугой меридиана в тех же пределах, что и широта географическая.

Сферическая долгота λ_c определяется двугранным углом, заключенным между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки. Она измеряется в тех же пределах, что и географическая долгота.

21. Основной единицей измерения длин является километр (км). Некоторые измерения расстояний и расчеты в самолетовождении ведутся в градусах, минутах и секундах дуги большого круга.

В качестве единицы измерения расстояний используется также морская миля, равная 1852 м.

3. ЛИНИИ ПУТИ И ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ САМОЛЕТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОЙ СФЕРЫ

22. Решение многих задач самолетовождения связано с измерениями расстояний и направлений, а также с различными вычислениями и графическими построениями на карте. Математическая и графическая обработка результатов измерений часто сводится к

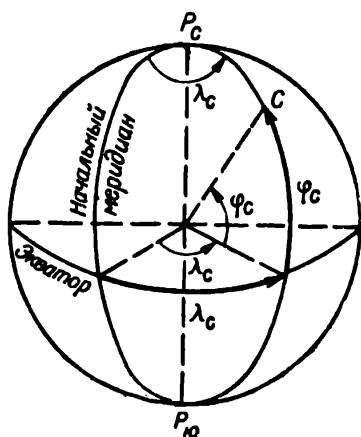


Рис. 3. Сферические координаты

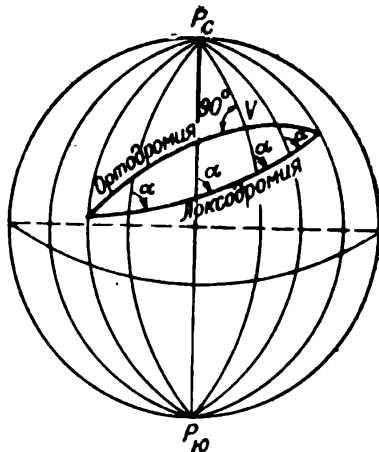


Рис. 4. Ортодромия и локсодромия

определению линии пути, линий положения самолета или их отдельных элементов: направления, длины, координат промежуточных точек.

23. Линией пути самолета называется проекция на земную поверхность траектории его движения в пространстве. В настоящее время применяются главным образом две линии пути: ортодромия и локсодромия.

24. Линией положения называется геометрическое место точек возможного местонахождения самолета на земной поверхности, определяемое постоянством измеренной величины. В качестве такой величины могут быть, например, расстояние от самолета до наземной станции, направление от пеленгатора на самолет, высота небесного светила и т. д. Эти величины измеряются с помощью различных технических средств самолетовождения и характеризуют геометрические свойства линий положения. В самолетовождении используются следующие основные линии положения: линия ортодромического пеленга, линия равных азимутов (ра-

двопеленгов), линия равных расстояний и линия равных разностей расстояний (гипербола).

25. Ортодромией называется дуга большого круга, являющаяся кратчайшим расстоянием между двумя точками на поверхности земного шара. Ортодромия пересекает меридианы под различными углами. Точка V (рис. 4), в которой ортодромия пересекает меридиан под прямым углом и достигает наибольшей широты φ_v , называется точкой вертекса. В частном случае ортодромия может совпадать с меридианом или экватором.

Расчет ортодромии включает определение ее длины, координат промежуточных точек и в некоторых случаях направления в одной или нескольких точках. Он может производиться:

— вычислением с помощью пятизначных таблиц тригонометрических функций с использованием счетно-клавишных машин (СКМ);

— вычислением с помощью пятизначных таблиц логарифмов (без СКМ);

— определением с помощью специального наземного навигационного вычислителя (ННВ);

— измерением на навигационном глобусе и на картах в таких проекциях, в которых ортодромия изображается практически прямой линией; этот способ определения элементов ортодромии значительно проще, но дает менее точный результат.

В качестве исходных данных для аналитического расчета элементов ортодромии служат географические координаты начального (φ_1, λ_1) и конечного (φ_2, λ_2) пунктов ортодромического этапа маршрута. Эти координаты определяются с точностью до одной угловой минуты из соответствующих справочников или снимаются непосредственно с крупномасштабной карты.

Если при вычислении расстояний и направлений на земной поверхности допустимая ошибка не превышает 0,5% и в углах 0,4°, то задача решается на сфере радиусом 6371 км, считается при этом, что сферические широты равны географическим.

Более точным получается результат при решении задачи на сфере радиусом 6372,9 км при предварительном пересчете географической широты в широту сферическую с помощью соотношения

$$\varphi_c = \varphi - 8'39'' \sin 2\varphi_c.$$

Пересчет сферической широты в географическую выполняется по формуле

$$\varphi = \varphi_c + 8'39'' \sin 2\varphi_c.$$

Для перевода широт удобно пользоваться графиком (рис. 5), на котором по горизонтальной оси отложены широты (в град), а по вертикальной — значения поправок (в минутах дуги). При данном способе расчета максимальная ошибка в вычислении длин не превышает 0,08%, а в углах 0,1°.

В дальнейшем при решении задач на сфере для упрощения записей сферическая широта обозначается символом φ без индекса «с».

26. Расчет направления ортодромии (a) в начальной точке производится по формуле

$$\operatorname{ctg} a = \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1) - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1).$$

Расчет длины ортодромии $S_{\text{орт}}$ при найденном значении направления a выполняется по формуле

$$\sin S_{\text{орт}} = \frac{\sin (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_2}{\sin a}.$$

Вычисление длины ортодромии по координатам начального и конечного пунктов ортодромического этапа производится по формуле

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

Определение широт φ по заданным долготам λ промежуточных точек ортодромии производится по формуле

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

где

$$A = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)};$$

$$B = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)}.$$

Если известно направление ортодромии a в точке (φ_1, λ_1) , расчет координат ее промежуточных точек проще выполнить по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_V \cos (\lambda_V - \lambda).$$

Координаты вертекса φ_V , λ_V определяются по формулам:

$$\operatorname{ctg} (\lambda_V - \lambda_1) = \sin \varphi_1 \operatorname{tg} a;$$

$$\cos \varphi_V = \cos \varphi_1 \sin a.$$

При построении ортодромии на карте по координатам промежуточных точек рассчитанные по формулам сферические широты этих точек переводятся в географические по формуле или с помощью графика (рис. 5) и после этого точки наносятся на карту.

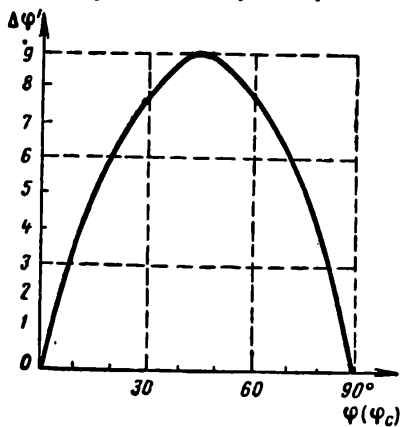


Рис. 5. График для определения поправок при пересчете широт

Для удобства и экономии времени, а также для исключения грубых ошибок все вычисления выполняются по схемам, сведенным в заранее подготовленные таблицы. Примеры расчета ортодромий приведены в приложениях 1, 2, 3 и 4.

27. Локсодромией называется линия, пересекающая меридианы под одинаковыми углами (рис. 4). По этой линии пути перемещается самолет, если в полете выдерживать постоянным текущее значение истинного путевого угла.

В общем случае локсодромия длиннее ортодромии.

28. Наибольшая разность длин локсодромии и ортодромии ΔS имеет место, когда локсодромия совпадает с параллелью.

При разности долгот до 30° , т. е. при расстояниях в средних широтах примерно до 2000 км, разность длин локсодромии и ортодромии не превышает 15 км.

29. Локсодромия всегда располагается «экваториальнее» ортодромии. Наибольшие боковые уклонения Δl (в км) локсодромии от ортодромии имеют место, когда локсодромия совпадает с параллелью. В табл. 1 приведены значения Δl для трех значений широт и различных $\Delta \lambda$.

Таблица 1

$\Delta \lambda$, град \ φ , град	45	60	75
10	12	10	7
20	48	42	24
30	110	94	55
40	203	169	96
50	313	264	150
60	456	381	215

Боковое уклонение Δl локсодромии от линии кратчайшего пути может достигать больших величин.

30. Линией равных азимутов (линией равных радиопеленгов) называется такая линия, в каждой точке которой РНТ пеленгуется под одним и тем же истинным пеленгом радиостанции (ИПР) (рис. 6). Линия равных азимутов в качестве линии положения применяется при измерении пеленга радиостанции с помощью радиокompаса.

31. Линией равных расстояний называется такая линия, все точки которой находятся на одинаковом удалении от некоторой фиксированной точки. На поверхности земного шара линия равных расстояний представляет собой окружность малого круга. В качестве линии положения линия равных расстояний находит применение при измерении расстояния с помощью дальномерной и угломерно-дальномерной систем, а также при измерении высоты светила.