

И.Т. Спирин

**Навигация одиночного
самолета**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
И11

И11 **И.Т. Спирин**
Навигация одиночного самолета / И.Т. Спирин – М.: Книга по Требованию,
2012. – 194 с.

ISBN 978-5-458-38625-8

Навигация одиночного самолета

ISBN 978-5-458-38625-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

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

Широтой называется угол между отвесной линией в данном месте земли и плоскостью экватора. Земля есть шар, и все отвесные линии, опущенные из центра к его окружности, являются радиусами. Поэтому широта какой-нибудь точки M на земной поверхности измеряется центральным углом MOH (рис. 3). Счет широты ведется от экватора к полюсу, от 0° до 90° , отдельно в каждом полушарии. Широты выражаются в угловых единицах, т. е. в градусах, минутах и секундах. Широта обозначается как северная (N) или южная (S) (в зависимости от того, находится ли определяемое место в северном или южном полушарии).

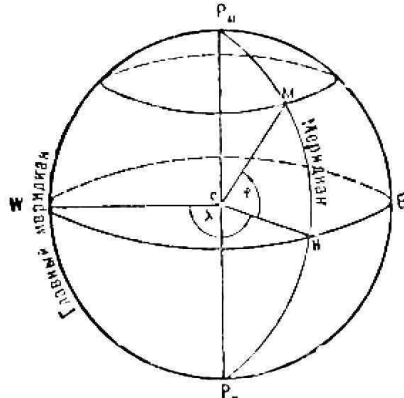


Рис. 3.

Кроме того, северную широту называют положительной и обозначают знаком $+$ (плюс), южную — отрицательной и обозначают знаком $-$ (минус).

Одной широты для определения местоположения точки на земной поверхности недостаточно. Необходимо знать еще вторую координату — долготу.

Угловое расстояние между главным (гринвичским) меридианом и меридианом определяемого места (WOH) называется *географической долготой* данного места (рис. 3). Долгота измеряется к востоку и западу от главного меридиана в угловых единицах от 0° до 180° . Восточная долгота обозначается буквой E или знаком $+$ (плюс); западная — W или знаком $-$ (минус). Иногда приходится обозначать долготу и в единицах времени. В этом случае исходят из суточного вращения земли вокруг своей оси. Земля выполняет полный поворот на 360° за 24 часа, отсюда следует, что

- за 1 час земля повернется на 15° ;
- за 1 мин. » » на $15'$;
- за 1 сек. » » на $15''$.

Руководствуясь этим, долготу выражают в единицах времени.

		ПЕРЕВОД ВРЕМЕНИ В ДУГУ И ОБРАТНО																									
ЧАСЫ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ЧАСЫ	
ГРАДУСЫ	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	0	
МИНУТЫ	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	0	
СЕК. ВРЕМ.	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	0	
ГРАДУСЫ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	0	
МИНУТЫ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	0	
СЕК. ВРЕМ.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	0	

Рис. 4.

Для перевода долготы в единицы времени служит график «Перевод времени в дугу и обратно» (рис. 4).

Пример Долгота места $33^\circ 25'$ — в единицах времени будет 2 часа 13 мин. 40 сек.

§ 4. Земной магнетизм

Магнитная стрелка, свободно подвешенная на нити или насаженная на острие, занимает в каждом месте земли определенное положение относительно истинного меридиана. Это свойство магнитная стрелка приобретает вследствие действующих на нее магнитных сил земного поля.

Магнитным полем называется пространство около магнитной массы, в котором обнаруживается действие магнитных сил. Оказывается, что действие этих сил наблюдается по всей поверхности земли и даже в глубоких ее недрах.

Магнитная стрелка, свободно вращающаяся относительно горизонтальной и вертикальной осей, устанавливается по направле-

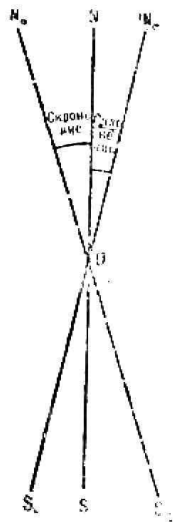


Рис. 5.

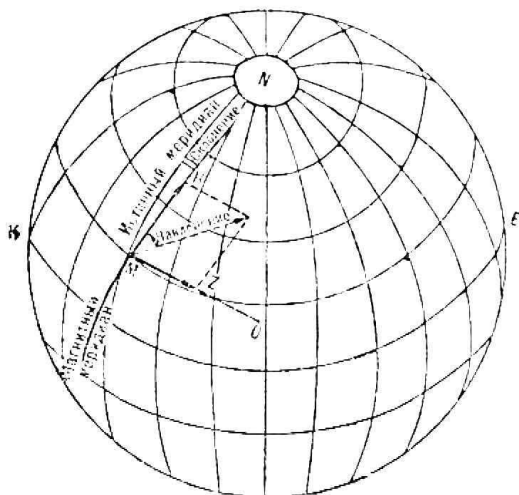


Рис. 6.

нию магнитной силы земли в данном месте. При этом магнитная стрелка образует некоторый угол как с плоскостью меридиана, так и с плоскостью горизонта.

Угол наклона магнитной стрелки к горизонту называется *магнитным наклонением*.

Линию, образующуюся от пересечения плоскости горизонта с вертикальной плоскостью, проходящей через продолговатую ось свободной магнитной стрелки, называют *магнитным меридианом*. Магнитные меридианы на поверхности земли имеют вид кривых линий, сходящихся в двух точках, называемых *магнитными полюсами* ($PN_m - PS_m$).

Угол, составляемый истинным (географическим) и магнитным меридианами, называется *магнитным склонением* (угол NON_m на рис. 5). Склонение всегда отсчитывается от N истинного меридиана вправо и влево от 0° до 180° .

В основанных на действиях магнитного поля земли приборах, служащих для указания направления и называемых компасами, используется не полная магнитная сила земли, а лишь ее горизонтальная составляющая. При этом представляют себе, что полная магнитная сила земли разлагается по правилам параллелограмма на две составляющие: вертикальную Z и горизонтальную H (рис. 6).

Горизонтальная составляющая в разных широтах имеет разную величину. Вблизи географического экватора горизонтальная составляющая имеет максимальную величину. По направлениям к полюсам величина ее убывает.

Полная величина магнитной силы земли в данном месте называется *напряжением земного поля*.

Напряжение, магнитное наклонение и склонение полностью определяют магнитное поле земли в данном месте. Эти величины получили название *элементов земного магнетизма*. Элементы земного магнетизма не остаются постоянными, а изменяются с течением времени, что принято объяснять перемещением магнитных полюсов. Выяснено, например, что склонение ежегодно меняется, причем это изменение, различное для разных мест земного шара, в общем для территории СССР лежит в пределах от $6'$ до $8'$.

Склонение так же, как и другие элементы земного магнетизма, кроме годового изменения подвержено колебаниям, носящим случайный характер и обычно являющимся чрезвычайно кратковременными.

В настоящее время склонение определено во многих местах земли. На основании полученных результатов составлены так называемые *карты магнитного склонения*, на которых все точки земной поверхности с одинаковым склонением соединены кривыми линиями (рис. 7). Эти кривые называются *изогонами* (линии равных склонений). Кроме того, имеются карты с линиями равного годовичного изменения магнитного склонения. В практике воздушной навигации приходится пользоваться картами магнитного склонения и годовичного изменения магнитного склонения.

Эти карты позволяют найти склонение для любого пункта и для требуемого года с практически достаточной точностью.

В некоторых местах земного шара по различным причинам магнитная стрелка не только не показывает приближенно истинного севера, но иногда становится перпендикулярно ему или показывает в обратную сторону; при этом показания ее даже при очень небольших расстояниях резко меняются и поэтому чрезвычайно трудно учитываемы. Такие места на земной поверхности носят название *магнитных аномалий* (например, курская магнитная аномалия).

§ 5. Направление на земной поверхности

Направление силы тяжести на земной поверхности указывается отвесом — нитью с свободно подвешенным на ней грузом. Это направление называется отвесным, или *вертикальным*. Плос-

КАРТА СКЛОНЕНИЯ

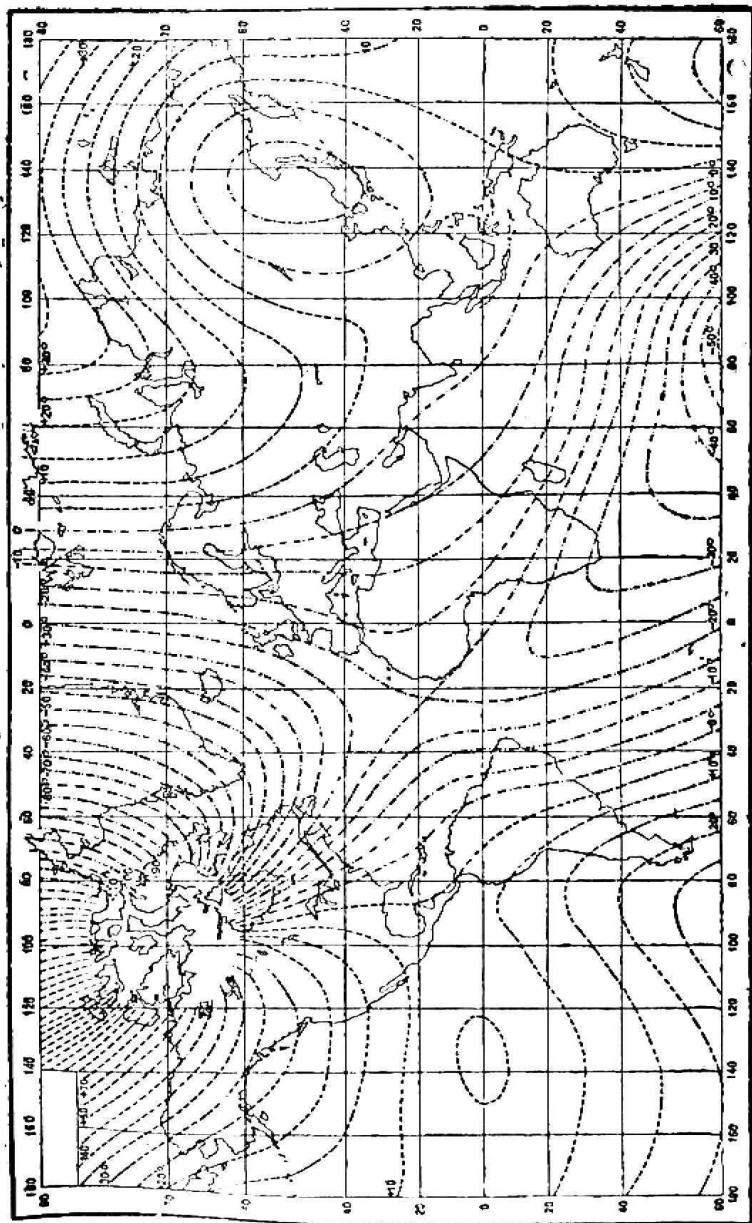


Рис. 7.

кость, проходящая перпендикулярно вертикали, называется *горизонтальной*. Горизонтальная плоскость, проходящая через глаз наблюдателя, называется *истинным горизонтом наблюдателя*.

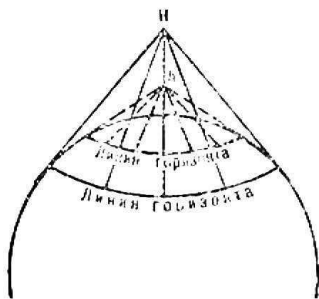


Рис. 8.

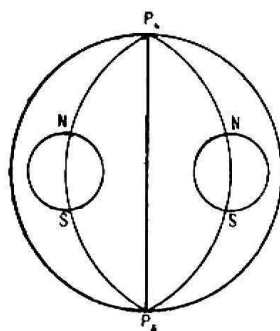


Рис. 9.

Видимый горизонт наблюдателя есть геометрическое место точек касания лучей от глаза наблюдателя к земной поверхности (рис. 8).

Дальность видимого горизонта зависит от высоты глаза наблюдателя над поверхностью земли. Чем выше глаз наблюдателя, тем больше дальность видимого горизонта.

Меридиан наблюдателя проходит через центр видимого горизонта (рис. 9) и пересекает его в двух точках, которые называются *N* и *S* (норд и зюйд). Линия, проведенная перпендикулярно линии *N* и *S*, при пересечении с горизонтом дает также две точки: *O* (ост) и *W* (вест). Эти четыре направления носят название направлений стран света, или главных румбов.

Линиями *NS* и *OW* вся плоскость истинного горизонта разбивается на 4 четверти (рис. 10): они получили название по главным странам света, между которыми данная четверть заключается (*NE*, *SE*, *SW*, *NW*).

В практике окружность истинного горизонта делят на градусы от *N* вправо от 0° до 360° (рис. 10).

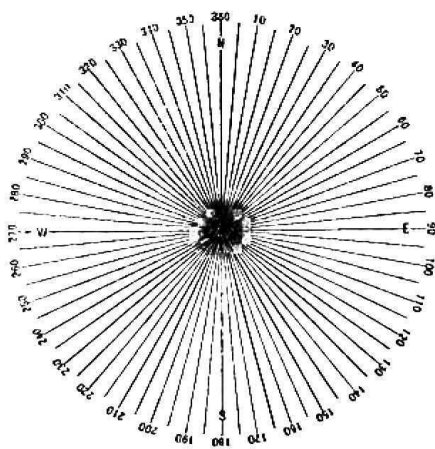


Рис. 10.

Зная направление меридиана, т. е. линии NS , можно все направления на земной поверхности выразить углами, составляемыми этими направлениями с линией меридиана.

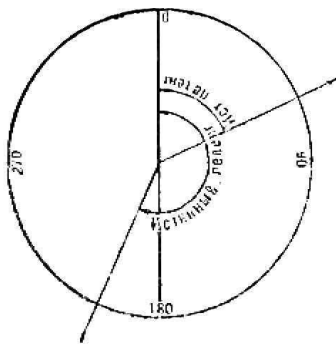


Рис. 11.

Угол между направлением на предмет и меридианом (считая от северной его части) называется азимутом, или истинным пеленгом данного предмета относительно наблюдателя (рис. 11).

В практике навигации в большинстве случаев непосредственно измерить направление от истинного (географического) меридиана невозможно; поэтому счет углов ведется от других начальных, точно известных относительно истинного меридиана направлений, например, от магнитного и компасного меридианов.

Компасным меридианом называется направление магнитной стрелки компаса, не изолированного от влияния посторонних магнитных масс (компас на самолете). Азимуты и пеленги называются истинными, магнитными и компасными, в зависимости от названия меридиана, принятого за начало счета углов (рис. 12).

Угол между магнитным и компасным меридианами называется *девиацией* компаса (рис. 13).

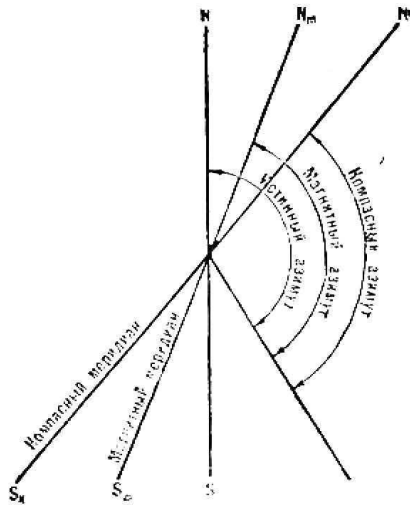


Рис. 12.

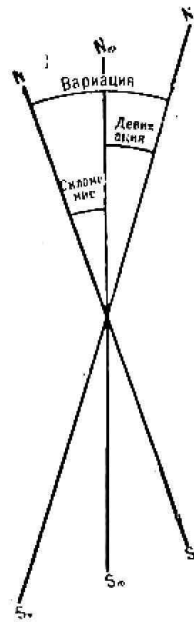


Рис. 13.

Угол между географическим (или истинным) и компасным меридианами называется *вариацией*.

Склонение, девиация и вариация могут быть восточными (положительными) и западными (отрицательными), в зависимости от взаимного расположения истинного, магнитного и компасного меридианов (рис. 13).

При переходе от истинного (географического) азимута (пеленга) к компасному алгебраически вычитаются склонение и девиация.

При переходе от компасного азимута (пеленга) к истинному склонение и девиация алгебраически прибавляются.

При переходе от компасного азимута к магнитному девиация алгебраически прибавляется; при обратном переходе — вычитается.

При переходе от магнитного азимута к истинному склонение алгебраически прибавляется; при обратном переходе — вычитается.

Примеры.

1. Истинный азимут 120° ; склонение $+5^\circ$. Определить магнитный азимут.

$$MA = 120^\circ - (+5^\circ) = 115^\circ.$$

2. Магнитный азимут 320° ; склонение -6° . Определить истинный азимут.

$$IA = 320^\circ + (-6^\circ) = 314^\circ.$$

3. Магнитный азимут 52° ; девиация $+7^\circ$. Найти компасный азимут.

$$KA = 52^\circ - (+7^\circ) = 45^\circ.$$

4. Компасный пеленг 100° ; девиация компаса -4° . Найти магнитный азимут.

$$MA = 100^\circ + (-4^\circ) = 96^\circ.$$

5. Истинный пеленг 180° ; склонение $+9^\circ$; девиация компаса -7° . Найти компасный пеленг.

Находим вариацию:

$$9^\circ + (-7^\circ) = 2^\circ.$$

$$KP = 180^\circ - (+2^\circ) = 178^\circ.$$

6. Истинный азимут 350° ; склонение -8° ; девиация -16° . Определить компасный азимут.

Находим вариацию:

$$-8^\circ + (-16^\circ) = -24^\circ.$$

$$KA = 350^\circ - (-24^\circ) = 374^\circ.$$

$$374^\circ - 360^\circ = 14^\circ.$$

§ 6. Локсодромия

Кратчайшее расстояние между двумя точками на шаре есть дуга *большого круга*. Но так как дуга большого круга пересекает меридианы под разными углами, полет по ней *очень*

неудобен, потому что первоначальный азимут пришлось бы непрерывно менять, чтобы достигнуть заданной цели. Поэтому

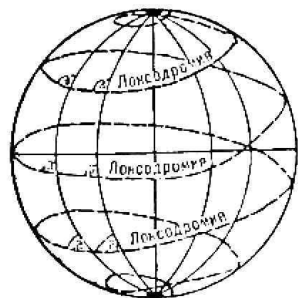


Рис. 14.

прибегают к полету по линии, соединяющей точки отлета и прилета и пересекающей меридианы под равными углами. Такая линия на земной поверхности носит название *локсодромии* (рис. 14).

Угол пересечения локсодромии с меридианами, указывающий направление локсодромии, называется *путевым углом*. Таким образом, самолет, постоянно придерживаясь определенного путевого угла, придет к заданной цели, пройдя свой путь по локсодромии.

§ 7. Ортодромия

Кратчайшее расстояние между двумя точками на земной поверхности, как уже было указано, есть дуга большого круга, проведенная через эти точки. Дугу большого круга в навигации принято называть *ортодромией*.

Неудобство полета по ортодромии, таким образом, целиком обуславливается необходимостью непрерывного изменения курса в полете.

Длина полета по локсодромии тем более превышает длину полета по ортодромии, чем больше сама длина пути и чем больше локсодромия уклоняется от направления меридиана (NS). Полет по ортодромии даст ощутительную выгоду только в редких случаях. Локсодромия совпадает с ортодромией при полетах по меридиану и по экватору.

§ 8. Морская миля

В морском флоте за единицу длины с давних времен принята так называемая *морская миля*. Морская миля равна минуте дуги земного экватора.

Так как радиус земли равен 6370 км, то длина окружности земного шара будет равна $2\pi R = 40\,000$ км, откуда минута дуги меридиана:

$$\frac{40\,000}{360 \times 60} = 1 \text{ миля} = 1,85 \text{ км.}$$

В воздушном флоте за единицу длины принят километр, но при ориентировке способами воздушной астрономии удобней за единицу длины принимать морскую милю.

§ 9. Путь полета. Путевой угол

Линия, соединяющая на земной поверхности последовательные точки местонахождения летящего самолета, называется *путем полета*. Путь полета обычно намечается наблюдателем заранее,

до полета, и наносится на карту. В этом случае путь полета называется *заданным*.

Угол между меридианом и линией пути (считая от северной части меридиана по часовой стрелке) называется, как было сказано, *углом пути*. Желая перелететь из одной точки земной поверхности в другую, обычно намечают путевой угол заранее. Такой путевой угол называется *заданным*.

Действительное передвижение самолета относительно земной поверхности дает линию, угол между которой и меридианом называется *фактическим* путевым углом. При правильном и умелом выполнении полета заданный путевой угол всегда совпадает с фактическим — в этом и заключается сущность навигации. В большинстве случаев маршрутные полеты выполняются с постоянным путевым углом, т. е. по локсодромии.

§ 10. Курс

Угол в горизонтальной плоскости между меридианом и продольной осью самолета называется *курсом самолета*. Курс, как и азимут, отсчитывается от северного (*N*) направления меридиана по часовой стрелке в градусах от 0° до 360° . Для направления самолета по курсу служит компас, устанавливаемый в самолете таким образом, чтобы его курсовая линия совпадала или была параллельна продольной оси самолета. Курс самолета может совпадать с путевым углом лишь в том случае, если путь самолета относительно земли совпадает с его путем относительно воздуха, что практически возможно только при полетах в плоскости ветра и в штиль. Курсы носят название *истинных, магнитных и компасных*, в зависимости от наименования меридиана, от которого производится измерение курса.

§ 11. Воздушная скорость

Воздушной скоростью самолета называется скорость движения его относительно воздушной среды. Воздушная скорость измеряется приборами, называемыми *указателями скорости*. Величина воздушной скорости у разных самолетов различная; она зависит от аэродинамических свойств самолета и его винтомоторной группы.

В воздушной навигации следует различать следующие режимы скоростей: максимальную, крейсерскую, или наиболее выгодную, и экономическую.

Максимальной скоростью называется скорость, с которой самолет может пройти определенное расстояние в кратчайший срок. Этот режим соответствует полной мощности мотора и минимальному углу атаки.

Крейсерской, или наиболее выгоднейшей, скоростью называется скорость, при которой самолет пролетит наибольшее расстояние при данном запасе горючего.

И, наконец, *экономическая скорость* — такая, с которой самолет при данном запасе горючего может продержаться в воздухе

наибольшее количество времени. Скорость эта является наименьшей из всех употребляемых для полета. Эта скорость получается при минимальной затрате мощности мотора и определенном для этой мощности экономическом угле атаки.

Диапазон воздушных скоростей обычно указывается в формулах каждого самолета.

Воздушная скорость самолета рассчитывается по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{\delta g}{K_u \gamma}},$$

где δ — нагрузка на 1 м² несущей поверхности самолета,

g — ускорение силы тяжести,

K_u — коэффициент подъемной силы данного самолета,

γ — плотность воздуха.

Отсюда видно, что воздушная скорость зависит не только от угла атаки, но и от высоты полета.

Воздушная скорость, свойственная данному самолету, определяется также и практическим путем: на мерном километре, способом «Майера» и другими способами.

§ 12. Путевая скорость

Скорость движения самолета относительно земли называется *путевой скоростью*.

Если путевой угол самолета совпадает с направлением ветра, т. е. ветер дует по направлению путевого угла, то путевая скорость будет больше воздушной на величину скорости ветра. Наоборот, при встречном ветре путевая скорость будет меньше воздушной на величину скорости ветра.

При ветре путевая скорость будет слагаться (геометрически) из скоростей ветра и самолета.

В воздушной навигации путевая скорость измеряется при помощи навигационных визиров (или способом расчетов, о чем см. ниже). От путевой скорости целиком зависит время передвижения самолета из одного места в другое, поэтому знание этого элемента чрезвычайно важно.

§ 13. Навигационный треугольник скоростей

Наличие воздушных течений в атмосфере — обычное явление. Абсолютное безветрие, особенно в верхних слоях атмосферы, — редкое исключение.

Если бы самолет мог всегда перемещаться в совершенно спокойном воздухе, то задачи самолетовождения сводились бы только к измерению курса. В действительности же наблюдается следующее: самолет под действием винтомоторной группы имеет движение по направлению своей оси симметрии (рис. 15), в то же время самолет имеет другое движение, сообщаемое ему воздушным течением. В результате сложения этих двух движе-