

**Н.А. Гриценко**

**Курс метеорологии и  
аэронавигации**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
Н11

Н11 **Н.А. Гриценко**  
Курс метеорологии и аэронавигации / Н.А. Гриценко – М.: Книга по Требова-  
нию, 2014. – 168 с.

**ISBN 978-5-458-38426-1**

Курс метеорологии и аэронавигации

**ISBN 978-5-458-38426-1**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2014

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](http://www.samizday.ru/reprint)



## ОТ РЕДАКЦИИ

По техническим причинам „Курс аэрологии и аэронавигации“ выходит с значительным опозданием. Поэтому, естественно, авторы не смогли включить в книгу описания ряда приборов, выпущенных нашей промышленностью в течение 1936—1937 гг.; кроме того, авторы руководствовались Наставлением по аэронавигационной службе ГВФ 1933 г. и НАНС-34 г., которые заменены сейчас более поздними Наставлениями.

Не желая задерживать выпуска книги, редакция, по предложению редактора и авторов, помещает в конце книги небольшой перечень основных новинок в области авиаприборов. Некоторые необходимые дополнения удалось, кроме того, ввести в текст в виде сносок и примечаний.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Навигационная работа на транспортных и сельскохозяйственных самолетах Гражданского Воздушного Флота—почти целиком дело пилота; только на аэросъемочных и экспедиционных самолетах в состав экипажей входят штурманы. При наличии на борту линейного или сельскохозяйственного самолета второго пилота, бортмеханика или авиатехника последние несут часть функций по самолетовождению.

Летом 1936 г. на двухштурвальных линейных самолетах бортмеханики были заменены вторыми пилотами. Однако в морской, сельскохозяйственной и санитарной авиации, на некоторых северных и арктических линиях, а также во время больших экспедиционных перелетов бортмеханики (техники) остаются на борту.

Содержание настоящей книги рассчитано именно на этот техсостав, периодически или от случая к случаю привлекаемый к летной работе. При изложении материала учтено то обстоятельство, что транспортные самолеты в ГВФ пока не имеют ни бортовых ни оптических визиров; следовательно, если самолет и трасса не имеют радиомаячного или радиопеленгаторного оборудования, пилот и бортмеханик (техник) могут рассчитывать в полете лишь на приборную доску и на самое простое навигационное оборудование—на навигационную линейку и карту. Из этого следует, что наиболее приемлемыми на транспортных

и сельскохозяйственных самолетах являются простые методы самолетовождения.

Именно такие методы, доступные экипажу каждого самолета, не имеющего визиров, при условии, что пилот занят своим основным делом—пилотированием самолета,—разбираются в дальнейшем особенно подробно. Детально рассматривается также подготовка к полету на земле, где, наряду с пилотом, участие принимает и техсостав.

О методах самолетовождения, требующих более сложного штурманского оборудования и наличия штурмана на борту, дается лишь самое общее представление. Более подробно эти сведения изложены в курсах аэронавигации П. А. Молчанова, Б. В. Стерлигова, И. Т. Спирина, Н. Ф. Кудрявцева, С. А. Данилина и наставлениях, рассчитанных на летчиков (пилотов) и на летчиков-наблюдателей.

Задача настоящей книги—дать бортмеханикам, авиатехникам и мотористам лишь те сведения, которые необходимы им для выполнения своих обязанностей по аэронавигации и службе погоды.

При составлении книги использована следующая литература:

1. „Наставление по летной службе на воздушных линиях СССР“.

2. Б. В. Стерлигов, Руководство по воздушной навигации, Военгиз, 1930.

3. С. А. Данилин, Аэронавигация, Военгиз, 1935.

4. „Авиационные приборы“, Военгиз, 1934.

5. П. А. Молчанов, Методы и приборы аэронавигационной службы, ОНТИ, 1934.

6. П. А. Молчанов, Краткий курс аэрологии, ОНТИ, 1933.

7. М. Беляков и А. Кулаков, Метеорология и аэрология, Военгиз, 1933.

8. Окер и Крейн, Теория и практика слепого полета, Военгиз, 1933.

9. Заводские описания авиаприборов.

*Авторы.*

# ЧАСТЬ I

---

## АЭРОЛОГИЯ

### ГЛАВА I

#### АТМОСФЕРА

##### Общие понятия

Метеорология — наука о погоде и климате — подразделяется на следующие главные отрасли:

1. *Синоптическая метеорология*: часть метеорологии, изучающая погоду.

2. *Аэрология*: изучение атмосферы в ее верхних слоях с применением специальных методов (радио-зонды, шары-пилоты, подъем змеев и др.).

3. *Климатология*: наука о климате на основе многолетнего изучения погоды в отдельных местах.

Метеорологические явления, составляющие погоду, как, например, облака, осадки и др., происходят в слое воздуха высотой 10—12 км. Этот слой называется *тропосферой*.<sup>1</sup> Выше тропосферы, до высоты 60—70 км, идет слой *стратосферы*, имеющий характерные отличия от тропосферы. В стратосфере нет облаков и осадков, температура с высотой остается без изменения (около  $-55^{\circ}$ ) или даже повышается, в то время как в тропосфере температура с высотой понижается в среднем на  $6^{\circ}$  на каждые 1000 м. Вертикальное перемешивание воздуха в стратосфере должно быть значительно слабее.

О высоте атмосферы можно приблизительно судить по высоте тех слоев, в которых наблюдаются отдельные явления. Например, высота северных сияний колеблется от нескольких десятков километров до 500 км. Слои воздуха, которые рассеивают свет солнца во время вечерней и утренней зари, расположены на высоте до 210 км. Но, по всей вероятности, резкой границы атмосферы нет; в чрезвычайно разреженном состоянии она уходит далеко в межпланетное пространство.

По составу атмосфера представляет механическую смесь газообразных веществ и пыли минерального и органического происхождения. Некоторые из этих веществ входят в постоянном соотношении, другие являются непостоянными по количеству. В табл. 1 указаны постоянные составные части атмосферы.

---

<sup>1</sup> Высота тропосферы больше на экваторе (до 18 км) и меньше на полюсе (до 8—10 км).

Таблица 1

Составные части атмосферы	Плотность по отношению к воздуху	Вес 1 м <sup>3</sup> при нормальных условиях в кг	Процентное содержание по объему
Азот . . . . .	0,967	1,254	78,0
Кислород . . . . .	1,105	1,429	21,0
Аргон . . . . .	1,379	1,782	0,94
Водород . . . . .	0,070	0,09	0,01

Кроме указанных в табл. 1 веществ, воздух содержит в постоянном количестве еще следующие газы: гелий, неон, криптон и ксенон. Количество их крайне ничтожно (тысячные и сотые доли процента).

Благодаря постоянному перемешиванию воздушных масс тропосферы по вертикальному направлению, состав воздуха одинаков во всей толщине ее. Даже до высоты 19 000 м состав воздуха, как показали исследования, произведенные во время подъема стратостата СССР-1, меняется мало.

Кроме постоянных частей, в состав воздуха входит ряд веществ в переменном количестве. На первом месте среди них находятся водяные пары. Количество их колеблется от 0,01 до 4%. Они могут находиться внутри одного и того же облака во всех трех состояниях: жидком, твердом и газообразном. Переход паров из одного состояния в другое сопровождается выделением или поглощением большого количества тепла, за счет которого создаются условия неустойчивого состояния атмосферы.

Углекислоты содержится в среднем 0,03%, причем в атмосфере имеется постоянный приход и расход этого газа. Приход— за счет вулканических извержений и процессов сгорания и гниения органических веществ, а также за счет выделения при дыхании животного и растительного мира, расход же— за счет поглощения углекислоты растениями (при действии солнечного света). Приход и расход углекислоты регулируются океаном, поглощающим избыток углекислоты.

Из других переменных составных частей воздуха необходимо отметить наличие в атмосфере аммиака, озона, азотной кислоты, твердых частиц пыли минерального и органического происхождения, а также частиц морской воды, которые попадают в атмосферу при испарении мельчайших водяных капель, разбрызганных в бурную погоду с морской поверхности. Частицы пыли и солей играют большую роль как ядра конденсации водяных паров при образовании облаков и тумана.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое метеорология и аэрология?
2. Какова общая высота атмосферы?
3. Каковы высота и характерные отличия тропосферы и стратосферы?
4. Назовите постоянные и переменные составные части воздуха.

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

### 1. Давление воздуха

*Давлением воздуха* называется сила, с которой давит столб воздуха, имеющий высоту от точки измерения до верхней границы атмосферы, на единицу площади.

Основным прибором для измерения давления воздуха является *ртутный барометр* (рис. 1), в котором давление воздуха уравнивается равным по весу столбом ртути.

Кроме ртутных барометров, метеорологические станции снабжаются металлическими *анероидами*, которые служат запасными барометрами. Устройство анероидов такое же, как и *высотометров (альтиметров)*, описанных в главе об авионавигационных приборах. Разница заключается только в устройстве шкалы и рычагов, которые соединяют анероидную коробку со стрелкой прибора.

Особенно большое значение в службе погоды имеют приборы, непрерывно регистрирующие давление воздуха на бумажной ленте, накрученной на барабан с часовым механизмом, так называемые *барографы* (рис. 2). С помощью этих приборов метеорологические станции определяют тенденцию изменения давления воздуха, т. е. определяют величину и характер изменений давлений воздуха за последние 3 часа.

Результаты наблюдений метеорологические станции сообщают в бюро погоды.

В среднем на уровне моря давление воздуха уравнивается столбом ртути в барометре  $760 \text{ мм} = 76 \text{ см}$ . Для выражения давления воздуха на  $1 \text{ см}^2$  в весовых единицах нужно объем ртути, уравнивающий давление, т. е.  $76 \text{ см}^3$ , умножить на удельный вес ртути. Получим:

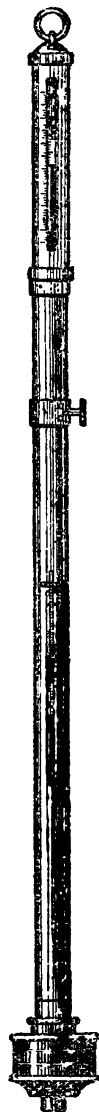
$$76 \cdot 13,596 = 1033,3 \text{ г/см}^2.$$

В теоретических расчетах давление воздуха выражают в динах (дина—единица силы, сообщающей массе в  $1 \text{ г}$  ускорение  $1 \text{ см/сек}^2$ ). Выраженное в динах давление воздуха в  $76 \text{ см}$  равняется:

$$1033,3 \cdot 980,6 = 1\,013\,250 \text{ дин/см}^2,$$

где  $980,6$ —ускорение силы земного притяжения в  $\text{см/сек}^2$  на широте  $45^\circ$ .

С 1931 г. в нашу метеослужбу введены по примеру Рис. 1.



других стран новые единицы измерения давления, связанные с дюмой, а именно:

$$\begin{aligned} \text{бар} &= 1\,000\,000 \text{ дин/см}^2 = 750,1 \text{ мм} \\ \text{миллибар} &= 1\,000 \text{ „} = 0,75 \text{ „} \end{aligned}$$

На практике перерасчеты миллиметров в миллибары и обратно производятся с помощью таблиц.

С высотой давление воздуха убывает по определенному закону; поэтому давление на высоте можно точно вычислить по барометрической формуле. И наоборот, если известно давление у земли

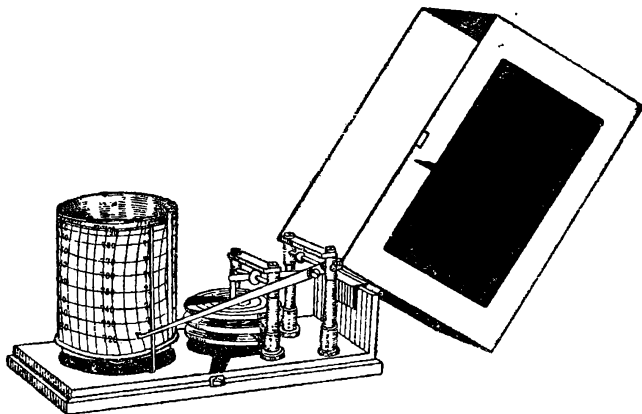


Рис. 2.

и на высоте, а также известна и температура, то можно вычислить высоту. Барометрическая формула для расчетов высоты имеет следующий вид:

$$H = 18\,400 \left( 1 + \frac{1}{273} t \right) \lg \frac{P_0}{P_H},$$

где:  $H$  — расстояние по высоте между двумя точками;  
 $t$  — средняя температура воздуха в слое между теми же точками;

$P_0$  — давление в нижней точке;

$P_H$  — давление в верхней точке.

## 2. Температура воздуха

Температура воздуха представляет важнейший элемент, так как все движения в атмосфере обуславливаются неравномерным распределением тепла, о количестве которого судят по температуре воздуха.

На эксплуатацию самолета температура воздуха оказывает большое непосредственное влияние. Так, например, колебания

от  $-5^{\circ}$  до  $+5^{\circ}$  сопровождаются заморозками и оттепелями. В осенний период это обуславливает непостоянство снегового покрова.

При температуре от  $-10^{\circ}$  и ниже осложняется подготовка мотора к полету: требуется подогревание воды, масла и самого мотора, утепление трубопроводов, снабжение радиаторов заслонками и проч.

Высокая температура—от  $+30^{\circ}$  и выше—делает недостаточным обычное охлаждение мотора. При этих условиях устанавливают добавочные радиаторы.

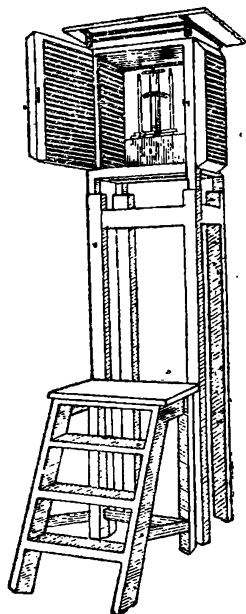


Рис. 3.

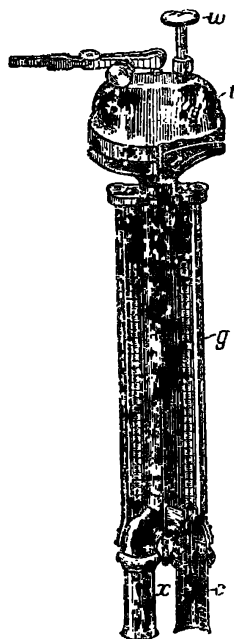


Рис. 4.

Правильное измерение температуры зависит от соблюдения следующих условий:

- 1) предохранения приборов от прямых солнечных лучей, а также от теплоизлучения от окружающих близких предметов (стены дома, крыши и проч.);
- 2) предохранения приборов от атмосферных осадков;
- 3) предохранения от застоя воздуха около приборов в промежутки времени за несколько минут до наблюдения;
- 4) правильного выбора места для постоянных наблюдений, чтобы избежать местных влияний.

На рис. 3 показана метеорологическая будка для помещения термометров, удовлетворяющая указанным требованиям. Стенки

будки состоят из наклонно поставленных двойных жалюзи, что обеспечивает продувание ее. Дверца будки всегда устанавливается на север, чтобы при открывании ее в будку не попадали солнечные лучи. Высота термометров в будке от земли—2 м. Будка должна быть окрашена белой краской. В ней установлены: психрометр Августа, состоящий из сухого и смоченного термометров, волосяной гигрометр, максимальный и минимальный термометры.

Измерение температуры воздуха при отсутствии метеорологической будки возможно двумя приборами: психрометром Ассмана и термометром-пращей.

*Психрометр Ассмана* (рис. 4) является точным прибором для определения температуры и влажности воздуха. Шарики двух термометров окружены двойными никелированными трубками ( $x, c$ ), которые выше сходятся в одну трубку  $g$ , идущую к вентилятору  $t$ . Пружина вентилятора заводится ключом  $w$  и обеспечивает вращение на 10—15 мин. Для измерения только температуры воздуха достаточно отсчета одного сухого термометра. Для измерения влажности воздуха

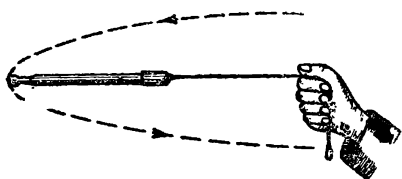


Рис. 5.

берется отсчет и по второму термометру, имеющему на шарике батист, смоченный водой.

*Термометр-праща* (рис. 5). Перед отсчетом термометр в течение одной минуты быстро вращается, как указано на рисунке.

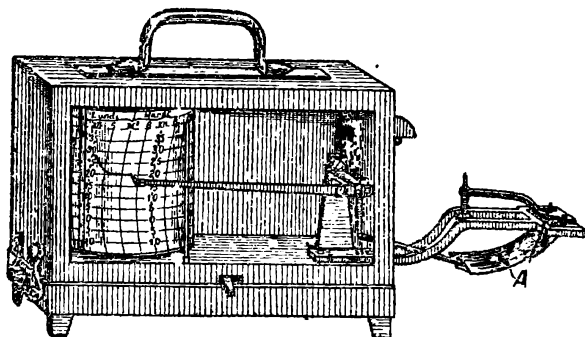


Рис. 6.

Получается сильное обдувание термометра воздухом, что позволяет производить наблюдения без защиты от солнца. Только в момент отсчета следует затенить термометр собственной тенью.

Для непрерывной записи температуры воздуха существует *термограф* (рис. 6). Воспринимающей частью его является выгнутая пустотелая коробка  $A$ , наполненная спиртом.

**Изменения температуры в атмосфере.** Источником тепла в атмосфере является теплота, излучаемая солнцем. Установлено, что на границе атмосферы на  $1 \text{ см}^2$  поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, поступает тепла почти 2 калории в минуту, т. е. такое количество, которое может повысить температуру 1 г воды на  $2^\circ \text{C}$ . Часть этого тепла отражается обратно в пространство, другая часть, примерно 60—65%, идет на нагревание земли и атмосферы. Одновременно навстречу потоку солнечного тепла идет излучение тепла землей и атмосферой в мировое пространство. Днем излучение земли с избытком покрывается излучением тепла от солнца. Ночью же, особенно в безоблачную погоду, благодаря излучению земли получается сильное охлаждение. Интенсивность нагревания земли и воздуха днем зависит от высоты солнца над горизонтом, т. е. от времени года и времени дня, а также от прозрачности атмосферы. Например, облачный покров прекращает нагревание земли от прямых солнечных лучей, хотя высокие перистые облака не затевают солнца и очень мало уменьшают интенсивность его лучей.

Процесс нагревания и охлаждения воздуха идет разнообразными путями:

1) прямое поглощение тепловых лучей частицами воздуха (при охлаждении—излучение);

2) путем теплопроводности воздуха;

3) путем прямого нагревания земной поверхностью непосредственно прилегающих слоев воздуха, которые затем перемещаются, передавая таким путем тепло в вышележащие слои.

Влияние первого момента заметно в слоях воздуха с большим содержанием пыли, частички которой поглощают тепло и нагревают непосредственно прилегающие частицы воздуха. Влияние второго момента совершенно ничтожно. Решающее значение имеет третий момент: нагревание сначала земной поверхности, а от нее—воздуха. Строение поверхности земли в этом отношении играет большую роль. Например водные пространства очень мало нагреваются в течение дня, но накапливают большой запас тепла в течение ночи. Степи, песчаные пространства, свежеспашанные поля, наоборот, очень сильно нагреваются днем и сильно охлаждаются ночью от излучения.

Большая пестрота в строении земной поверхности создает большую пестроту и в температурном состоянии воздуха. Воздух, находящийся над более нагретыми участками земли, оказывается более нагретым и более легким. Он получает движение вверх. На его место поступает воздух с окружающих холодных участков. Таким образом создаются восходящие и нисходящие движения воздуха, а также местные ветры, дующие днем со стороны моря, озера, леса и вообще со стороны менее теплого пространства к более тепловому. Ночью возникают обратные движения, т. е. те участки земли, которые днем сильно нагреваются (поле, каменистая почва и др.), ночью сильно охлаждаются.

Суточное изменение температуры над сушей за 4 дня представлено для примера на графике термографа (рис. 7).

Для характеристики изменения температуры воздуха с высотой введено понятие вертикального *температурного градиента*.

Вертикальным градиентом температуры называется величина изменения температуры в градусах на 100 м высоты. При падении температуры с высотой (нормальное положение) градиент считают положительным; при повышении — отрицательным. В среднем величину градиента для расчета таблиц и приборов считают 0,65°. В действительности же колебания этой величины имеют большие пределы — от плюс двух градусов у земли до

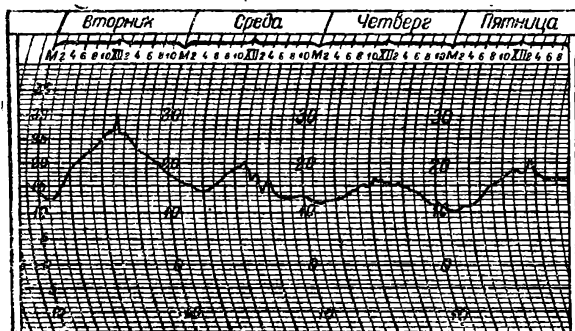


Рис. 7.

минус двух-трех и более градусов в случаях повышения с высотой температуры. В табл. 2 приведены средние градиенты температуры до высоты 1500 м в Слуцке.

Таблица 2

Месяцы	Градиенты для высот		
	30—500	500—1000	1000—1500
Январь . . . . .	—0,24	0,22	0,47
Февраль . . . . .	—0,17	0,16	0,38
Март . . . . .	0,42	0,32	0,37
Апрель . . . . .	0,78	0,65	0,61
Май . . . . .	1,04	0,85	0,72
Июнь . . . . .	1,03	0,87	0,74
Июль . . . . .	1,01	0,84	0,69
Август . . . . .	0,93	0,75	0,65
Сентябрь . . . . .	0,82	0,68	0,54
Октябрь . . . . .	0,55	0,37	0,46
Ноябрь . . . . .	0,22	0,0	0,48
Декабрь . . . . .	0,03	0,11	0,43