

А.А. Жабров

Самолет. Планер. Автожир. Геликоптер

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
А11

А11 **А.А. Жабров**
Самолет. Планер. Автожир. Геликоптер / А.А. Жабров – М.: Книга по Требованию, 2023. – 193 с.

ISBN 978-5-458-37573-3

В своей книге А. А. Жабров в популярной форме излагает основы авиационной науки и техники. В ней освещены вопросы: аэродинамики, авиационных двигателей, управление летательными аппаратами и многое другое. Эта книга является начальным руководством по авиационной технике. Легкое и простое изложение делает ее доступной для каждого читател

ISBN 978-5-458-37573-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

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.

Роль авиации в мирной жизни нашей страны будет возрастать из года в год. Достаточно сказать, что за первый послевоенный год самолетов Гражданского воздушного флота перевезли в несколько раз больше пассажиров и грузов, чем в последний год перед войной.

До войны авиация в нашей стране была массовым спортом молодежи. Нет сомнения, что в новых мирных условиях авиационный спорт, как средство воспитания мужественного и отважного поколения, получит еще большее развитие. Широко разовьется деятельность аэроклубов, парашютных и авиамodelьных кружков, парашютный спорт.

Многие прославленные советские летчики получили первоначальную авиационную подготовку в аэроклубах. В мирных условиях аэроклубы вновь призваны играть большую роль в начальной подготовке авиационных кадров — быть мощным резервом советских военно-воздушных сил.

У нашей молодежи всегда был большой интерес к авиации. Он особенно велик теперь, когда на глазах у подрастающего поколения советская авиация стала мощным фактором победы. Удовлетворить этот интерес может массовая авиалитература. Она же даст зачатки авиационных знаний, необходимых тем молодым людям, которые стремятся в аэроклубы.

Именно эту цель и преследует предлагаемая книга, в которой популярно изложены основы авиационной науки и техники.

ВОЗДУХ И ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Воздухом мы называем смесь газов, образующих газообразную оболочку вокруг земного шара, — так называемую атмосферу.

Наблюдения над некоторыми явлениями в атмосфере позволили установить, что верхняя граница атмосферы находится приблизительно на высоте 300 км. Но, строго говоря, верхней границы атмосферы не существует, так как по мере поднятия плотность воздуха уменьшается и атмосфера постепенно переходит в межпланетное безвоздушное пространство.

Воздух представляет собой смесь нескольких газов, главным образом кислорода и азота. Кроме этих газов, в воздухе всегда имеются водяные пары. В нижних слоях воздуха находится, кроме того, множество мельчайших твердых частиц (пыли); их присутствие уменьшает прозрачность воздуха и образует ту дымку или мглу, которую нередко можно наблюдать даже в хорошую погоду.

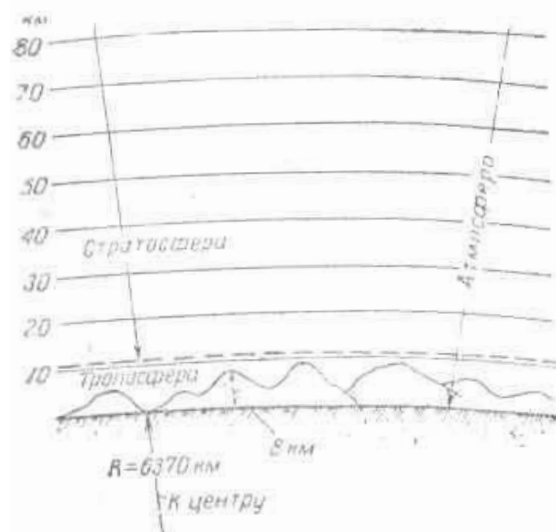


Рис. 1. Строение земной атмосферы

Температура воздуха с увеличением высоты довольно равномерно понижается (приблизительно на $6,5^{\circ}\text{C}$ на каждую 1 000 м). Однако падение температуры происходит лишь до некоторой высоты (приблизительно 11 км). Этот нижний слой атмосферы с постепенно убывающей температурой называется **тропосферой** (рис. 1).

При дальнейшем подъеме понижение температуры прекращается и она остается почти постоянной¹, равной $56,5^{\circ}\text{C}$ ниже нуля. До какой высоты температура остается постоянной — точно не установлено, так как

на больших высотах атмосфера изучена слабо (предполагают, что до высоты 60 км, выше которой температура воздуха снова начинает понижаться). Этот слой атмосферы с постоянной температурой носит на-

¹ Последние данные говорят о том, что указанный закон падения температуры в стратосфере не вполне точно отражает действительность.

звание **стратосферы**. Стратосфера, кроме постоянной температуры, характерна тем, что в ней почти совершенно отсутствуют облака. Кроме того, ветры в стратосфере отличаются постоянством как по скорости, так и по направлению.

Для авиации стратосфера представляет большой интерес. Плотность воздуха там значительно меньше, сопротивление движению поэтому тоже соответственно меньше, и, следовательно, при одной и той же мощности мотора в стратосфере можно достигнуть значительно большей скорости полета, чем вблизи земли.

Однако незначительная плотность воздуха создает и дополнительные трудности.

Дело в том, что при меньшей плотности воздуха в каждой единице объема содержится меньшее количество кислорода, последний же нужен как для дыхания человека, так и для сгорания топлива в цилиндрах мотора. Для человека нужно, кроме того, привычное атмосферное давление, а оно на большой высоте тоже незначительно.

Эти трудности пока преодолены лишь частично. Для полетов в стратосферу человека снабжают кислородным прибором и специальным костюмом — скафандром (рис. 2), который поддерживает необходимое давление; мотор же снабжают специальным устройством — компрессором (нагнетателем), который повышает плотность засасываемого в двигатель воздуха. Но кислородный прибор и скафандр стесняют человека, затрудняют его работу и неудобны для длительных полетов. Поэтому получили применение герметические кабины с приспособлениями, поддерживающими в ней на высоте нормальный состав воздуха и почти нормальное (т. е. соответствующее земному) давление.



Рис. 2
Скафандр

Что касается мотора, то применение компрессора не решает полностью вопроса высотного двигателя, так как на больших высотах падение мощности мотора неизбежно и при наличии компрессора. Проблема стратосферной авиации успешно может быть разрешена, по видимому, лишь с применением реактивного двигателя.

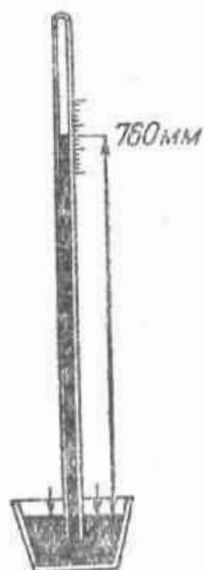
Воздух до XVII века считали невесомым, но это было ошибкой. Правда, по сравнению с твердыми телами и жидкостями вес воздуха очень незначителен. Установлено, что у поверхности земли (на уровне моря) при нормальном давлении и температуре плюс 15° С один кубический метр воздуха весит 1 225 кг. Следовательно, у поверхности земли при указанных условиях воздух имеет вполне определенную плотность. Но по мере удаления от поверхности земли воздух становится все более и более разреженным: на высоте 6 000 м плотность воздуха примерно в два раза меньше, чем на уровне моря.

Плотность — важное физическое свойство воздуха. Она зависит от температуры, атмосферного давления и влажности. Чем ниже температура, больше давление и меньше влажность, тем больше плотность

воздуха. Поэтому на одной и той же высоте плотность будет больше в холодную и сухую погоду, чем в теплую и влажную. Однако с поднятием на высоту плотность воздуха быстро уменьшается, несмотря на понижение температуры (см. табл. на стр. 11). Происходит это благодаря быстрому падению давления с высотой.

Что же такое атмосферное давление и как его можно измерить?

Вследствие своего веса воздух оказывает давление на все находящиеся в нем тела. Под этим давлением находятся, конечно, и сами воздушные массы; в нижних слоях они были бы совершенно сжаты, если бы воздух, как и всякий газ, не обладал упругостью, т. е. способностью сопротивляться давлению извне, и тем сильнее, чем последнее больше. Равновесие наступает в том случае, когда упругость нижних слоев воздуха становится равной давлению на них со стороны всей толщи воздуха, лежащего выше.



Для измерения атмосферного давления служит прибор, называемый **барометром** (от греческих слов «барос» — тяжесть и «метрон» — мера). Принцип его работы заключается в уравнивании давления воздуха на поверхность жидкости в чашке (рис. 3) и давления столба жидкости: измеряя высоту последнего, по удельному весу можно подсчитать (измерить — при наличии градуированной шкалы) давление воздуха.

Напомним опыт, который проделал в 1643 г. итальянский ученый Торичелли.

Если взять запаянную с одного конца стеклянную трубку длиной около 1 м, наполнить ее ртутью, затем, плотно зажав пальцем открытый конец трубки, перевернуть ее и, погрузив этот конец трубки в чашку с ртутью, убрать палец, то ртуть выльется в чашку не вся: уровень ее упадет только до некоторой определенной высоты (рис. 3), причем в верхней части трубки образуется заполненное сильно разреженными парами ртути пространство. Ртуть из

Рис. 3. Простейший ртутный барометр

трубки не выльется вся потому, что на поверхность ее в чашке давит воздух: это давление¹ передается затем во все стороны одинаково — на дно чашки, на ее стенки и на отверстие трубки. При этом диаметр трубки не играет роли, так как с увеличением диаметра увеличивается сила давления воздуха, передающаяся через ртуть на отверстие трубки.

Наблюдениями установлено, что высота столба ртути в трубке на уровне моря при температуре 15° обычно равна 760 мм.

При уменьшении атмосферного давления часть ртути из трубки вы-

¹ Давлением называется сила, приходящаяся на единицу поверхности (например на один квадратный см).

ливается в чашку, и высота столба уменьшается; при увеличении атмосферного давления происходит обратное. Измеряя высоту столба ртути по шкале, помещенной рядом с трубкой, и зная удельный вес ртути, нетрудно подсчитать вес столба ртути при любом диаметре трубки. Например, если взять трубку с площадью поперечного сечения в 1 см^2 , то вес столба ртути высотой в 760 мм будет равен приблизительно 1 кг. Следовательно, на уровне моря на любую площадку в 1 см^2 воздух давит с силой, равной 1 кг, а на площадку в 1 м^2 воздух давит с силой, равной 10 000 кг (точнее — 10 336 кг), т. е. больше 10 тонн.

Таким образом, атмосферное давление можно измерять как в миллиметрах ртутного столба, так и в килограммах на квадратный метр ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Атмосферное давление нетрудно обнаружить. Вспомним опыт с «магдебургскими полушариями». Две половины металлического пустотелого шара, хорошо подогнанные друг к другу, складываются в одно целое (рис. 4); если из этого шара с помощью воздушного насоса выкачать воздух, то под действием атмосферного давления полушария настолько сильно прижимаются одно к другому, что их трудно разъединить.

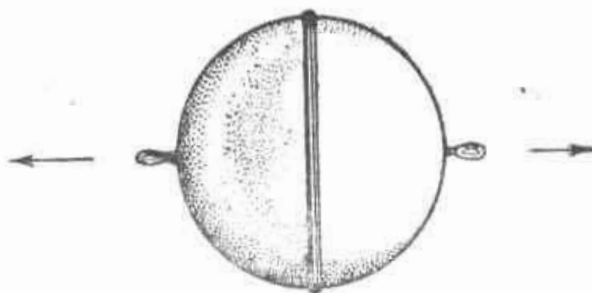


Рис. 4. Магдебургские полушария

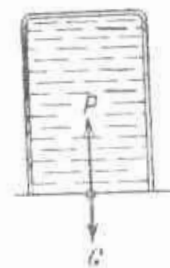


Рис. 5. Простейший опыт, обнаруживающий атмосферное давление

Можно сделать и более простой опыт. Наполнив стакан водой (до краев), прикроем его листком плотной бумаги, а затем, придерживая листок ладонью, опрокинем стакан и отнимем ладонь: листок как бы прилипнет к краям стакана, и вода не выльется. Сила давления воздуха P , действующая на листок снизу, будет больше веса воды G (рис. 5) и удержит листок на стакане.

Почему же мы не замечаем колоссального давления воздуха на окружающие нас предметы и сами не чувствуем его, как не чувствуют его и все другие живые существа?

Дело в том, что давление воздуха (как и жидкости) распространяется в данном горизонтальном слое во все стороны с одинаковой силой (закон Паскаля). Поэтому тело, находящееся в воздухе, испыты-

зает давление со всех сторон, а также изнутри, так как воздух проникает в поры тела. Следовательно, давление воздуха снаружи и изнутри уравнивается.

Мы не чувствуем давления воздуха также потому, что давление на поверхность нашего тела уравнивается давлением того воздуха, который находится в наших внутренних органах, во всех клетках нашего тела. При подъеме же на большую высоту, где атмосферное давление меньше, равновесие нарушается: внутреннее давление становится больше внешнего, а это вызывает ряд болезненных явлений (чему способствует и недостаток кислорода) и может повести даже к гибели человека. Но если человек молод, здоров и тренирован, он может без болезненных последствий переносить довольно низкое давление, в особен-

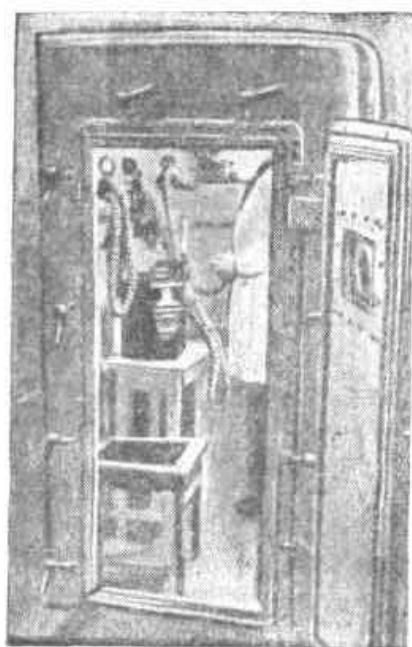


Рис. 6. Общий вид барокамеры



Рис. 7. Испытание летчика в барокамере в условиях, соответствующих полету на высоте 6 000 м (врач и летчик—оба с кислородными приборами)

ности при наличии искусственного кислородного питания. Поэтому при медицинском отборе лиц, поступающих в летные школы, применяется испытание их на низкое атмосферное давление. Для этой цели служит так называемая барокамера — массивная металлическая, герметически закрывающаяся, камера (рис. 6 и 7). Часть воздуха из нее может быть выкачана, тем самым давление воздуха в камере может быть понижено до уровня, соответствующего той или иной высоте. Барокамера служит также для «высотной» тренировки летчиков.

Атмосферное давление быстро уменьшается по мере подъема на высоту. Например, на высоте 6 000 м, как показывает приведенная ниже таблица, давление уже в два раза меньше нормального.

Изменение давления, температуры и плотности воздуха с высотой
(международная стандартная атмосфера)

Высота в метрах	Давление в милли- метрах ртутного столба	Температура в градусах С	Массовая плотность в технических едини- цах массы
0	760	+15	0,125
500	716	+11,8	0,119
1000	674	+ 8,5	0,113
1500	634	+ 5,3	0,108
2000	596	+ 2,0	0,103
2500	560	- 1,3	0,098
3000	526	- 4,5	0,093
3500	493	- 7,8	0,088
4000	462	-11,0	0,084
4500	433	-14,3	0,079
5000	405	-17,5	0,075
5500	379	-20,8	0,071
6000	354	-24,0	0,067
6500	330	-27,3	0,064
7000	308	-30,5	0,060
7500	287	-33,8	0,057
8000	267	-37,0	0,054
8500	248	-40,3	0,051
9000	230	-43,5	0,048
9500	214	-46,8	0,045
10000	198	-50,0	0,042
11000	169	-56,5	0,037
12000	145	-56,5	0,031
13000	124	-56,5	0,027
14000	106	-56,5	0,023
15000	90	-56,5	0,020

На одной и той же высоте атмосферное давление меняется в зависимости от изменения температуры и влажности воздуха (т. е. при изменении погоды), но эти колебания давления сравнительно с изменением его при подъеме на высоту невелики.

При помощи ртутного барометра можно измерить атмосферное давление на любой высоте. Однако для практического пользования ртутный барометр, как слишком хрупкий и громоздкий, часто неудобен. Поэтому широкое распространение получил металлический барометр — так называемый **барометр-анероид**.



Рис. 8. Схема устройства aneroidной коробки с пружиной

Главной частью барометра-анероида является плоская металлическая коробка с гофрированными стенками — aneroidная коробка (рис. 8). Дно коробки наглухо прикреплено к основанию прибора. Чтобы атмосферное давление не сплющило коробку, к верхней ее стенке прикреплена плоская пружина, растягивающая коробку, т. е. противодействующая атмосферному давлению.

Но при увеличении атмосферного давления коробка все же немного сдавливается, а при уменьшении — немного выпучивается (под действием пружины). Эти движения коробки передаются при помощи системы рычажков и тяг на стрелку (рис. 9), заставляя ее отклоняться влево (при уменьшении давления) или вправо (при увеличении давле-

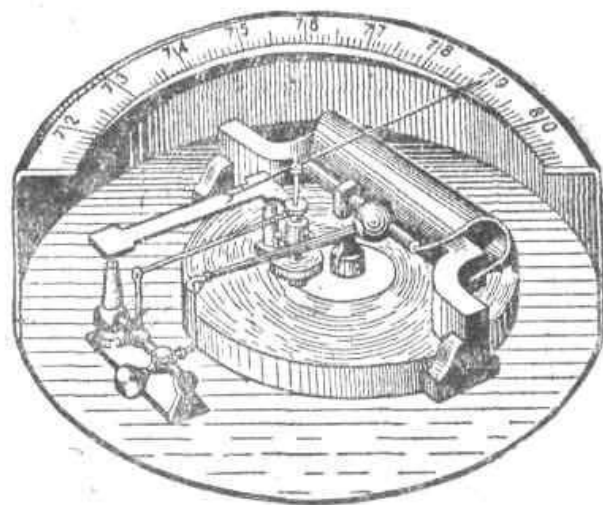


Рис. 9. Устройство барометра-анероида; хорошо виден передаточный механизм

ния) по круглой шкале, градуированной в миллиметрах ртутного столба. Колебания атмосферного давления связаны с изменением погоды, поэтому барометр «предсказывает» погоду.

Итак, мы познакомились с атмосферным давлением и способом его измерения.

Но дальше нам придется чаще иметь дело не с атмосферным давлением, а с разностью двух давлений, из которых одно больше или меньше атмосферного, а другое равно атмосферному. Поэтому полезно посмотреть, как измеряют разность давлений. Для этой цели служит прибор, называемый **манометром**. Идея его та же, что и барометра.

Простейший ртутный манометр (рис. 10, I) представляет собой изогнутую, открытую с обоих концов, трубку, частью наполненную ртутью. На поверхность ртути в обоих коленах действует одинаковое давление — атмосферное; поэтому в обоих коленах ртуть стоит на одном уровне. Если же одно колено трубки (скажем, левое) соединить с пространством, в котором давление будет, например, меньше атмосферного, то уровень ртути в этом колене повысится (рис. 10, II), так как на поверхность ртути в правом колене воздух давит сильнее, чем в левом колене. Разность уровней h и покажет разность давлений в миллиметрах ртутного столба.

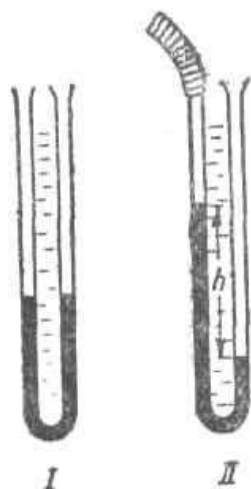


Рис. 10. Простейший ртутный манометр

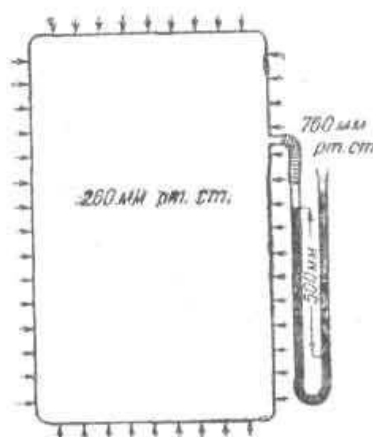


Рис. 11. Нагрузка на стенки барокамеры вследствие разности давлений внутри и вне барокамеры

Разность давлений, измеренную в миллиметрах ртутного столба, нетрудно пересчитать в давление в килограммах на квадратный метр.

Допустим, что из барокамеры выкачана часть воздуха (рис. 11) и разность между атмосферным давлением и внутренним составляет 500 мм ртутного столба. Требуется узнать: с какой силой давит наружный воздух на каждый квадратный метр поверхности барокамеры?

Выше мы нашли, что 760 мм рт. ст. эквивалентны (равнозначны) 10 336 кг/м². Разделив 10 336 на 760, найдем, что 1 мм рт. ст. эквивалентен 13,6 кг/м². В нашем примере разность давлений составляет 500 мм рт. ст. Помножив 13,6 кг/м² на 500, получим 6 800 кг/м².

Таким образом, если мы понизим давление в барокамере и разность между внешним и внутренним давлением будет составлять 500 мм рт. ст., то вследствие этого на каждый квадратный метр поверхности баро-

камеры внешний воздух будет давить с силой, равной 6 800 кг. Для того чтобы это давление не сплющило барокамеру, она должна быть достаточно прочной.

Для измерения небольших разностей давления пользуются **микроманометром**. Он отличается от манометра лишь тем, что вместо ртути наполнен более легкой жидкостью, например, водой (чаще спиртом). Вода легче ртути в 13,6 раза и, следовательно, 1 мм водяного столба будет эквивалентен только 1 кг/м². Благодаря этому можно точно измерять даже незначительные давления.

В атмосфере воздух почти всегда находится в движении. Из пунктов с большим давлением воздух перемещается в пункты с меньшим давлением. Перемещение воздуха относительно земной поверхности мы называем ветром. Он характеризуется направлением и скоростью.

Направление ветра принято обозначать той стороной горизонта, откуда дует ветер: если он дует с севера — его называют северным и т. д. Для определения направления ветра применяется **флюгер** (рис. 12), а в авиации — легкий матерчатый конус, хорошо видимый с высоты как летом, так и зимой (при окраске его, например, черно-белыми полосами).

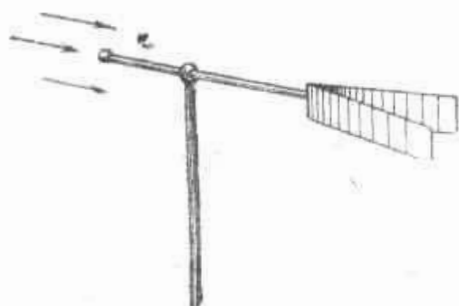


Рис. 12. Флюгер

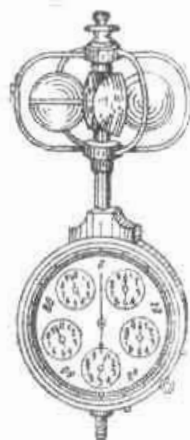


Рис. 13. Анемометр

Скорость ветра измеряется обычно в метрах в секунду. Для ее определения служит прибор, называемый **анемометром** (рис. 13). В верхней его части находится крест с полыми полушариями, образующими вертушку. Под действием ветра вертушка приходит в быстрое вращение, и по числу ее оборотов, которое читается на циферблате, можно определить скорость ветра.

В авиации скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/сек.), а в морском деле — в баллах. В нижеследующей таблице приведена шкала, в которой скорость ветра дана в м/сек. и в баллах и указаны признаки, по которым скорость ветра можно приблизительно определить без прибора.