



УЕ 2.1.3 Ветер

Рассматриваемые вопросы:

Воздействие приземного ветра на взлетно-посадочные характеристики воздушного судна

Условия образования приземного ветра, суточный ход

Ветер, используемый в авиации. Единицы измерения параметров ветра

Методы и средства измерения параметров ветра. Установка приборов для измерения параметров ветра

Запись и передача данных о ветре для авиационных пользователей. Кодирование

Сдвиги ветра и их влияние на взлет и посадку

Атмосферная турбулентность

Воздействие приземного ветра на взлетно-посадочные характеристики воздушного судна

Существенное влияние на взлетно-посадочные характеристики самолетов оказывают скорость и направление ветра. От них зависит безопасность взлета и посадки самолета, а также длина разбега и пробега.

Наиболее благоприятным для взлета и посадки воздушного судна является встречный ветер, так как он уменьшает скорость отрыва и посадочную скорость, следовательно, уменьшает длину разбега при взлете и длину пробега при посадке самолета. Так, при встречном ветре со скоростью 70 км/ч длина разбега транспортного самолета сокращается на 50%. Встречный ветер создает дополнительный обдув самолета, что приводит к путевой устойчивости и управляемости самолета в начале движения.



При попутном ветре, наоборот, увеличивается длина разбега и пробега, ухудшается устойчивость и управляемость самолета в начале движения, усложняется выполнение взлета и посадки.

Значительно усложняется взлет и посадка при боковом ветре, так как в этом случае образуются дополнительные аэродинамические силы, затрудняющие управление воздушным судном (ВС). Например, вследствие неравномерного обдува крыла образуется кренящий момент. Выполняя посадку при сильном боковом ветре, пилот вынужден бороться со сносом, который может привести к приземлению ВС вне ВПП.

По перечисленным причинам в целях безопасности для каждого типа ВС установлена максимальная боковая составляющая скорости ветра, при превышении которой взлет и посадка не разрешаются. Значение максимальной боковой составляющей зависит от состояния ВПП. При уменьшении коэффициента сцепления значение максимальной боковой составляющей значительно уменьшается.

При полете на эшелоне ветер оказывает существенное влияние на путевую скорость и угол сноса. Максимальная путевая скорость бывает при попутном ветре, а минимальная - при встречном.

Условия образования приземного ветра, суточный ход

Ветром называется перемещение воздуха относительно земной поверхности в горизонтальном направлении.

Движение воздуха происходит под воздействием определенных сил, которые разделяются на внешние (массовые), действующие на воздух со стороны других материальных систем, и внутренние (поверхностные), возникающие в результате взаимодействия воздушных частиц, составляющих атмосферу.

К массовым силам относятся *сила тяжести и отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса)*, а к поверхностным – *сила трения и сила давления*. Сила



Кориолиса и сила трения возникают и воздействуют на воздух лишь при появлении движения в атмосфере относительно поверхности земли. Если же в какой либо части атмосферы движение отсутствует, то это означает, что в состоянии покоя на воздух действуют лишь две силы: сила тяжести и сила давления.

Сила тяжести является важнейшей силой, определяющей распределение массы атмосферы по высоте.

Непосредственной причиной возникновения ветра является неравномерное распределение атмосферного давления вдоль земной поверхности. Неоднородное распределение давления в свою очередь создается термическими условиями. Следовательно, первой причиной возникновения воздушных течений надо считать пространственное распределение температуры.

На рисунке 1 показаны силы, действующие на воздушную частицу.

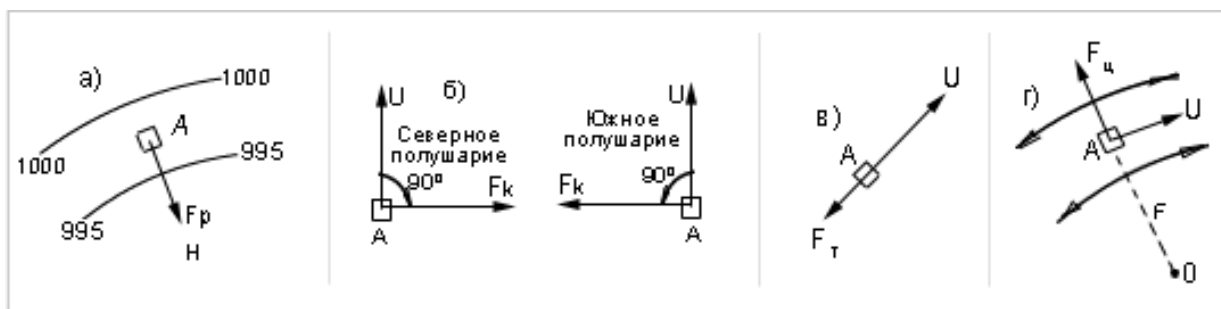


Рис. 1 Силы, действующие на воздушную частицу:

- а) сила барического градиента;
- б) сила Кориолиса;
- в) сила трения;
- г) центробежная сила.

Основной силой, вызывающей движение воздуха в горизонтальном направлении, является **сила барического градиента**. Графически барический градиент (G) в горизонтальной плоскости изображают вектором, направленным по нормали к изобаре в сторону убывания давления (рисунок 1 или рисунок 2).

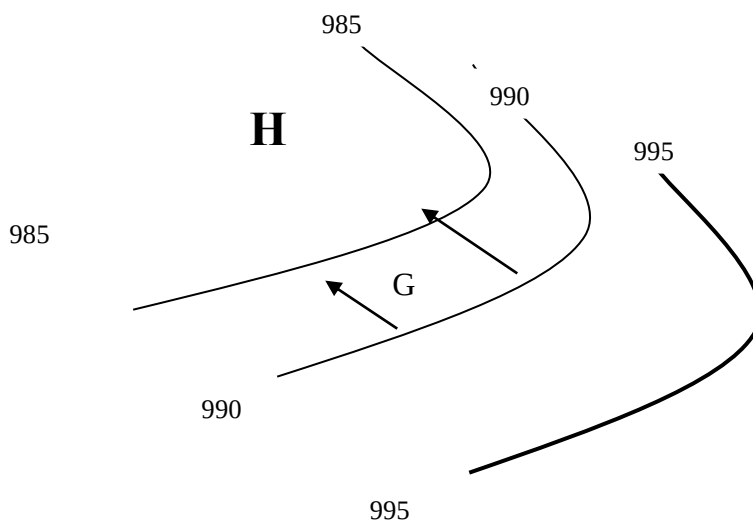


Рисунок 2 - Направление силы барического градиента

Барический градиент представляет собой силу, сообщающую ускорение атмосферному воздуху. Когда в областях высокого давления создается избыток массы воздуха, то возникающая при этом сила барического градиента приводит к тому, что избыточная масса воздуха стремится растекаться в стороны с недостаточной массой, т.е. в сторону низкого давления (рисунок 3).

Такое перемещение воздуха происходит до тех пор, пока давление не выровняется.

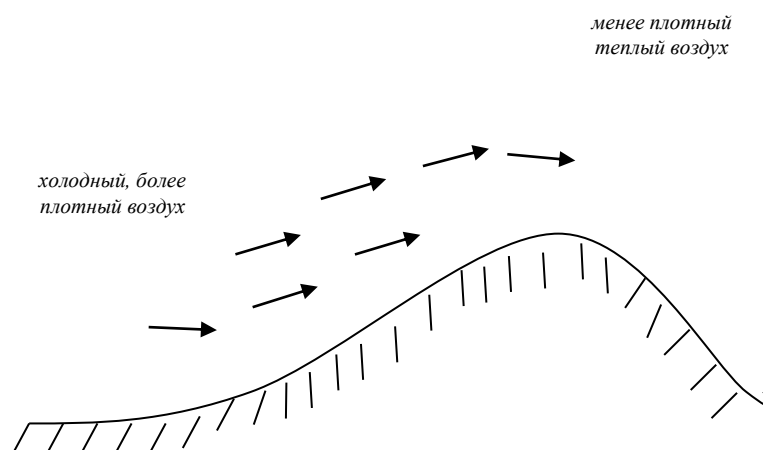


Рисунок 3 - Движение воздуха



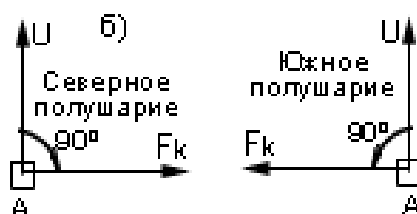
Сила Кориолиса. Причиной возникновения силы Кориолиса является то, что при вращении Земли вокруг своей оси, движущиеся частицы воздуха, принимая участие во вращательном движении, стремятся сохранить по инерции первоначальное направление своего движения.

При расчетах скорости ветра учитывается только горизонтальная составляющая отклоняющей силы вращения Земли, численное значение которой выражается формулой:

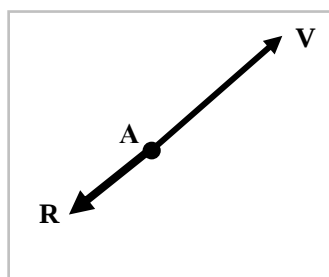
$$A = 2\omega V \sin \varphi$$

из которой видно, что сила Кориолиса A зависит от географической широты φ , скорости движущего потока V и от угловой скорости вращения Земли ω

Из формулы следует, что отклоняющая сила земли возникает лишь при появлении движения относительно земли и при одной и той же скорости V на полюсе достигает наибольшего значения, а на экваторе равна нулю. Сила Кориолиса влияет на направление ветра, отклоняя движущие частицы в северном полушарии вправо и в южном полушарии – влево; и всегда перпендикулярна к траектории движения.



На движущуюся массу воздуха оказывает влияние также **сила трения**. Эта сила тормозит, снижает скорость движения. Ее влияние сказывается только в пограничном слое атмосферы (до 1,5км).



Сила трения о земную поверхность R пропорциональна скорости и направлена в сторону,

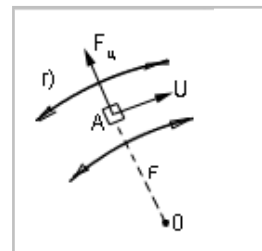


противоположную движению. Эта сила выражается формулой:

$$R = -kV,$$

где k – коэффициент трения, V – скорость ветра. Знак «минус» указывает на то, что сила трения действует в сторону, обратную направлению движения.

Центробежная сила (C) возникает при криволинейном движении воздуха; направлена от центра к периферии и всегда совпадает с направлением силы Кориолиса или строго противоположна ей.



Так как температура и плотность воздуха могут изменяться со временем в широких пределах, то ветер характеризуется большой изменчивостью, как по скорости, так и по направлению. Изменчивость ветра особенно резко выражена вблизи поверхности земли, что объясняется сложностью рельефа и неоднородностью подстилающей поверхности.

Ветер имеет хорошо выраженный **суточный ход**. Причина суточного хода скорости ветра зависит от взаимодействия между нижними и верхними слоями воздуха, т.е. от интенсивности вертикального обмена в атмосфере в течение суток. В приземном слое минимум скорости ветра наблюдается в ночные часы. После восхода солнца скорость ветра усиливается и достигает максимума в 13-14 часов, т.к. начинают развиваться конвективные токи и увеличивается конвективный обмен в атмосфере. При этом происходит смешение нижнего, медленно движущегося воздуха с верхним, быстро движущимся. Скорость внизу возрастает, а наверху уменьшается. К исходу дня скорость ветра постепенно ослабевает, т.к. турбулентный обмен между слоями уменьшается и к ночи почти прекращается. Изменение скорости ветра днем происходит значительно быстрее, чем ночью.

Такой характер суточного хода ветра наблюдается лишь в приземном слое высотой около 100 метров летом и около 50 метров зимой. Выше этого слоя



наблюдается обратный суточный ход. На высоте максимум скорости ветра отмечается ночью. Минимум скорости ветра отмечается днем. Амплитуда суточного хода составляет в среднем 3-5м/с. Летом амплитуда больше, чем зимой, а в ясные дни больше, чем в пасмурные. Однако суточный ход часто нарушается в связи с прохождением атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов. Они могут вызвать усиление ветра в различное время суток до больших значений. Направление ветра также может меняться очень значительно вне зависимости от суточного хода.

Ветер, используемый в авиации. Единицы измерения параметров ветра

В летной практике для штурманских расчетов различают магнитный, истинный и градиентный ветер.

Магнитный ветер исчисляется от магнитного меридиана, пересекающего данный район. На аэродромах, где магнитное склонение составляет 5° и более, в отсчеты направления ветра вводится поправка для передачи органам ОВД и экипажам воздушных судов. Такие данные применяются в условиях взлета, посадки и на высоте круга.

Истинный ветер исчисляется от истинного меридиана. Сведения об истинном ветре передаются на борт самолета при полетах ниже 1000-1500м и используются при составлении сводок погоды, предназначенных для распространения за пределы аэродрома.

Градиентный ветер — это установившееся движение воздуха при отсутствии силы трения. Такие условия имеют место на высотах более 1000-1500 метров. Исчисляется ветер от истинного меридиана и применяется для обеспечения полетов на маршрутах.

Магнитное склонение — угол между магнитным меридианом и географическим меридианом в данной точке Земли.

Ветер - величина векторная и определяется двумя характеристиками: направлением и скоростью.



Скорость ветра - скорость перемещения воздуха за выбранный интервал времени. Скорость ветра измеряется в метрах с секунду или в километрах в час. Для обеспечения взлета и посадки у земли и на высоте круга дается ветер в метрах в секунду, а на маршруте полета в километрах в час. Для перевода метров в секунду в километры в час следует умножить метры в секунду на коэффициент 3,6.

Направление ветра – определяется той точкой горизонта, откуда ветер дует. Измеряют направление ветра в угловых градусах или в румбах горизонта.

При определении направления ветра в угловых градусах отсчет ведется от севера через восток, так что северному направлению соответствует 360° , восточному – 90° , южному – 180° , западному – 270° .

Направление ветра в румбах горизонта определяют по 16-румбовой системе. Для обозначения румбов используются начальные буквы названий стран света: север (С), юг (Ю), восток (В) и запад (З). При обозначении промежуточных румбов называют оба румба, между которыми находится данное направление ветра, причем первым по порядку называют основной румб. Основных румбов два: север (С) и юг (Ю). Таким образом, если направление ветра приходится между югом и западом, то оно обозначается ЮЗ и называется юго-западным. Если направление ветра приходится посередине между ЮЗ и Ю, то его обозначают ЮЮЗ, в первую очередь указывая основной румб Ю, а затем производный ЮЗ.

Румб	Сектор (град)	Центр. угол (град)
С	349 – 11	360
ССВ	12 – 33	22
СВ	34 – 56	45
ВСВ	57 – 78	68
В	79 – 101	90
ВЮВ	102 – 123	113
ЮВ		
ЮЮВ		
Ю		
ЮЮЗ		
ЮЗ		
ЗЮЗ		
З		
ЗСЗ		
СЗ		
ССЗ		
С		



В таблице приведены сокращенные обозначения 16 используемых румбов и соответствующие им границы секторов и центральных углов.	ЮВ	124 – 146	135
	ЮЮВ	147 – 168	158
	Ю	169 – 191	180
	ЮЮЗ	192 – 213	202
	ЮЗ	214 – 236	225
	ЗЮЗ	237 – 258	248
	З	259 – 281	270
	ЗСЗ	282 – 303	292
	СЗ	304 – 326	305
	ССЗ	327 - 348	338

Методы и средства измерения параметров ветра

Основные методы измерения скорости ветра основаны на применении вращающегося анемометра или воздушного винта, скорость вращения которого прямо пропорциональна скорости ветра. Измерение направления ветра определяется по положению флюгарки, устанавливающейся в потоке воздуха под действием самого этого потока.

Скорость и направление ветра меняются непрерывно. Характер изменчивости скорости и направления ветра зависит от метеорологических условий и характера местности. Мгновенные значения скорости и направления являются неустойчивыми характеристиками ветра. Они непрерывно колеблются около средних значений, устойчивых в течение достаточно большого отрезка времени.

Для измерения параметров ветра на сети АМСГ (АМЦ) используются анеморумбометры М-63М-1 с пультами различной модификации, «Пеленг СФ-03», измеритель параметров ветра ИПВ-01-01, а также датчики параметров ветра входящие в состав автоматизированной метеорологической измерительной системы (АМИС) как анемометр WAA15A/151 и флюгер WAV15A/151 и др.



Анеморумбометр М-63М-1 предназначен для дистанционных измерений мгновенной, максимальной и средней скоростей, и направления ветра. Принцип работы анеморумбометра основан на использовании зависимостей между скоростью ветра и числом оборотов вертушки, между направлением ветра и положением свободно ориентирующейся флюгарки датчика ветра. При этом скорость и направление ветра преобразуется в частоту следования и фазовый сдвиг последовательностей электрических импульсов, которые после дальнейших преобразований в пульте позволяют производить отсчеты параметров ветра. Прибор состоит из блока датчиков скорости и направления ветра, измерительного пульта и блока питания.

Измерительные преобразователи скорости и направления ветра сконструированы в виде одного блока датчиков, состоящего из горизонтального обтекаемого корпуса, задняя часть которого кончается хвостовым оперением – флюгаркой. Флюгарка представляет собой жесткую асимметричную систему из двух пластин, расположенные под углом друг к другу, что создает им устойчивость в воздушном потоке и повышает их чувствительность (рисунок 4).

Корпус датчика вместе с наружной трубой свободно вращается вокруг вертикальной стойки. В передней части горизонтального корпуса находится четырех (или восьми-)лопастной воздушный винт. Винт устанавливается по направлению воздушного потока при помощи флюгарки так, чтобы плоскость вращения винта была перпендикулярна направлению потока.

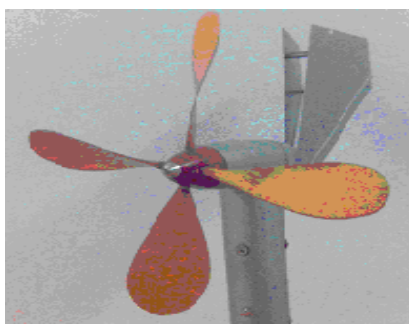


Рисунок 4 - Датчик скорости и направления анеморумбометра



Датчики устанавливаются на шарнирной мачте М-82. При установке и в процессе эксплуатации ветроизмерительных приборов необходимо следить, чтобы датчик был сориентирован по географическому меридиану, поверен и находился в постоянной готовности к производству измерений.

Измерительный пульт анеморумбометра (рисунок 5) устанавливается в помещении станции на столе или на специальной полке.



Измерительный пульт MB1-2



Измерительный пульт MB1-2-1M



Измерительный пульт M63M-1

Рисунок 5 - Измерительные пульта анеморумбометра

Анеморумбометр «Пеленг СФ-03» предназначен для измерения параметров ветра как автономно, так и в составе автоматических метеостанций.

Технические характеристики:

- диапазон непрерывных измерений мгновенной скорости, осредненной за 3 с: от 1 до 55 м/с;
- предел допускаемой погрешности измерения мгновенной скорости:
 $\pm 0,5$ м/с при скорости от 1 до 10 м/с, $\pm 10\%$ свыше 10 м/с.
- диапазон непрерывных измерений направления ветра, осредненных за 3 с: от 0° до 360° ,
- предел допускаемой погрешности измерения направления ветра: $\pm 5^\circ$.



Принцип действия прибора состоит в преобразовании механического воздействия ветрового потока в оптические, а затем в электрические сигналы, цифровой код и после обработки и усреднения - в информацию, удобную для потребителя, с выводом на монитор ПЭВМ и сохранением на жестком диске ПЭВМ в виде текста.

Анеморумбометр позволяет измерять скорость и направление ветра посредством датчиков: чашечного анемометра для измерения скорости ветра и флюгера для измерения направления ветра.

Анеморумбометр (рисунок 6) состоит из траверсы, к которой прикреплены анемометр, флюгер и блок обработки информации (БОИ). В комплект также входят блок преобразования (БП) и блок контроля (БК).



Рисунок 6 - Анеморумбометр «Пеленг СФ-03»

БОИ является отдельным, конструктивно законченным блоком прибора, он состоит из блока управления и платы питания. Блок управления осуществляет процесс измерения, плата питания формирует ряд напряжений, необходимых для работы БОИ, кроме этого, содержит модем для передачи информации к БС с ПЭВМ.

Электрические сигналы с датчиков поступают на БОИ, где происходит их преобразование в цифровой код. БОИ измеряет мгновенные значения скорости и



направления ветрового потока, осредненные за 3 с. БОИ формирует информационную посылку и передает ее в линию связи, передача осуществляется по двум интерфейсам. Интерфейс RS-232C обеспечивает передачу данных непосредственно на ПЭВМ при длине соединительного кабеля не более 15 м. Второй интерфейс организован на встроенном модеме. Он обеспечивает передачу данных от БОИ к БС (и далее к ПЭВМ) при длине линии связи до 8 км.

БК предназначен для индикации параметров ветрового потока при установке и ремонте прибора.

Измеритель параметров ветра ИПВ-01 предназначен для измерения скорости и направления ветра в наземных условиях эксплуатации.

Особенности:

- дистанционность датчика до 10 км с цифровой передачей данных по двухпроводной линии
- дистанционность блоков индикации до 3 км
- высокие метрологические характеристики
- грозозащита датчика

Технические характеристики:

Диапазон измерения: Скорости, м/с 0,5...80
Направления, градус 0...360

Погрешности измерения **Скорости:**
 $\pm 0,3$ м/с, при средней скорости до 6 м/с;
 $\pm 5\%$ при средней скорости более 6 м/с

Направления:
 $\pm 10^\circ$ при средней скорости до 1 м/с
 $\pm 3^\circ$ при средней скорости более 1 м/с

Питание от сети 220 В, 50 Гц



В состав ИПВ-01 входит:

- датчик скорости и направления ветра (ДСНВ);
- блок сопряжения;
- блоки индикации;
- коробка разветвительная;
- программа обработки данных;
- ПЭВМ;
- блок измерения.

Блок сопряжения преобразует информацию от датчика в мгновенные (за 1 с) значения скорости и направления ветра;

Блок индикации формирует текущие (за 5 с) и средние за 2 и 10 минут значения параметров ветра со скользящими интервалами осреднения, максимальные скорости ветра на скользящем интервале 10 минут и за текущий час; ведет счет суточного времени; выводит на индикацию любую пару параметров по выбору оператора;

Программа обработки данных формирует текущие (за 5с), средние (за 2 и 10 мин.) значения параметров ветра со скользящими интервалами осреднения, максимальные значения скорости ветра за 2 и 10 минут, значения скорости ветра вдоль и поперек взлетно-посадочной полосы; ведет архивацию данных.

Блок измерения преобразует информацию от датчика в мгновенные (за 1 с) значения скорости и направления ветра; формирует текущие (за 5 с) и средние за 2 и 10 минут значения параметров ветра со скользящими интервалами осреднения, максимальные скорости ветра на скользящем интервале 10 минут и за текущий час; ведет счет суточного времени; выводит на индикацию любую пару параметров по выбору оператора.

ИПВ-01 может включать до 10 блоков индикации, подключаемых к выходу блока сопряжения через разветвительную коробку.



ИПВ-01-01 состоит из ДСНВ (датчика скорости и направления ветра) и блока измерения (рисунок 7).



Рисунок 7 - Измеритель параметров ветра ИПВ-01-01.
а) датчик; б) блок измерения

Датчики параметров ветра. В автоматизированных метеорологических измерительных системах используются датчики мгновенных скорости и направления ветра М127 и датчики скорости WAA15A/151 и направления ветра WAV15A/151 с преобразователем WAT15.

Датчики параметров ветра предназначены для непрерывных дистанционных измерений мгновенных скорости и направления ветра в месте установки чувствительных элементов воздушного потока.

Датчики скорости и направления ветра анемометр WAA15A/151 и флюгер WAV15A/151 устанавливаются на алюминиевом кронштейне WAC15/151 (рисунок 5), который крепится на мачте. Кронштейн ориентируется в направлении север-юг, при этом флюгер WAV15A/151 устанавливается на северной стороне кронштейна.

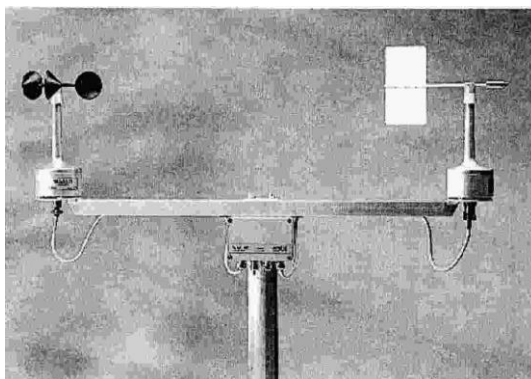


Рисунок 5 - Кронштейн WAC15/151

Первичный измерительный преобразователь скорости ветра WAA15A/151

это высокочувствительный анемометр с низким порогом чувствительности и оптоэлектронными элементами (рисунок 6).



Рисунок 6 -Анемометр WAA15A/151

Анемометр состоит из трех легких конических чашек. На валу анемометра укреплен зубчатый диск, который вращается вместе с валом (чашками). С одной стороны диска закреплен светоизлучающий диод, с другой – фототранзистор. За один оборот анемометра (зубчатого диска) фототранзистор генерирует выходной сигнал в виде 14 импульсов, которые поступают в преобразователь WAT15 для дальнейшей обработки. Скорость вращения вала (чашек) прямо пропорциональна скорости ветра.

Диапазон измерения скорости ветра 0,6 – 75 м/с.

Нагревательный элемент внутри крышки в туннеле вала при низкой температуре поддерживает температуру подшипников выше точки замерзания



воды с целью исключения образования льда на чашках и обеспечения вращения вала. Термостатный переключатель в кронштейне датчиков WAC15/151 поддерживает обогрев при температуре ниже $+4^{\circ}\text{C}$. Мощность обогрева 10Вт. WAA15A/151 соединен с преобразователем WAT15 кабелем.

Первичный измерительный преобразователь направления ветра WAV15A/151 – это сбалансированный низкопороговый флюгер (рисунок 7).



Рисунок 7 - Флюгер WAV15A/151

Диапазон измерения направления ветра 1 - 360° .

На валу флюгера установлен диск с кодом Грея. Код меняется с шагом $5,6^{\circ}$. Инфракрасные светодиоды и фототранзисторы закреплены на шести дорожках с каждой стороны диска. При повороте флюгера (диска) происходит изменение кода, который принимается фототранзисторами. Полученные сигналы поступают в WAT15 для их дальнейшей обработки.

В осевом канале WAV15A/151 помещен нагревательный элемент, который поддерживает температуру подшипников выше уровня замерзания воды при низкой температуре окружающего воздуха. В кронштейне WAC15/151 имеется термостатный переключатель, с помощью которого нагревательный элемент автоматически выключается при температуре выше 4°C . Ориентирование WAV15A/151 относительно севера производится по кронштейну WAC15/151(устанавливается на северной стороне кронштейна).

Преобразователь WAT15 представляет собой литой алюминиевый корпус, в котором размещены микропроцессорный блок и модем. WAT15 производит



первичное преобразование сигналов, поступающих от первичных измерительных преобразователей скорости и направления ветра, в цифровой код и передачу этой информации в промежуточный измерительный преобразователь Milos 500 (QLI) или на вход ЦУ АМИС.

Установка приборов для измерения параметров ветра

Наблюдения за приземным ветром должны давать, насколько это возможно, наиболее полное представление о ветре, с которым воздушное судно столкнется в ходе набора высоты и посадки. Информация о приземном ветре должна быть репрезентативной для условий на высоте 6-10 метров над ВПП. Репрезентативность следует обеспечивать за счет использования датчиков, расположенных соответствующим образом с учетом местных условий. На аэродромах, где из-за местных условий наблюдаются значительные различия в ветре на различных участках ВПП, устанавливаются дополнительные датчики ветра.

Согласно «Норм годности к эксплуатации аэродромов» (НГЭА-92) первичные измерители-преобразователи (датчики) параметров ветра устанавливаются «по возможности ближе к зонам приземления и отрыва ВС на расстоянии не более 200 метров от осевой линии ВПП за пределами спланированной части летного поля на высоте 6-10 метров относительно ближайшей точки осевой линии ВПП».

Указатели (пульты) параметров ветра устанавливаются в рабочих помещениях метеонаблюдателей.

Оперативность и достоверность представления информации обеспечивается путем снабжения каждого датчика ветра индивидуальным дисплеем с четкой маркировкой и указанием ВПП или участка ВПП, который контролируется данным датчиком.



При наблюдениях за ветром на временных аэродромах и посадочных площадках допускается использование флюгеров, ветровых конусов или ручных анемометров.

Запись и передача данных о ветре для авиационных пользователей.

Кодирование

Результаты наблюдений за параметрами ветра записывают в дневник погоды (форма АВ-6).

Направление и скорость приземного ветра сообщаются с интервалами 10° относительно истинного меридиана и 1 м/с соответственно.

В сводках METAR и SPECI направление ветра указывается от истинного меридиана.

Истинный меридиан - линия пересечения плоскости, проходящей через данную точку и ось вращения Земли, с земной поверхностью (касательная к земной поверхности).

При кодировании направления ветра значения округляются до ближайшего десятка градусов с применением математических правил.

Например, 64° указывается как 060, 177° – как 180, 65° - как 070, 195° – как 200.

На аэродромах, где магнитное склонение составляет пять градусов и более, в отсчет направления ветра для включения в местные сводки вводится поправка. При положительном (восточном) склонении его значение вычитается из отсчета направления, при отрицательном (западном) – прибавляется. Данные о магнитном склонении предоставляются штурманом аэропорта и должны быть указаны в Инструкции по производству полетов (ИПП) каждого аэродрома.

Максимальная скорость (порыв) указывается дополнительно к средней только тогда, когда её отклонение от средней составляет 5 м/с и более.

Период осреднения для наблюдений за параметрами ветра составляет:

- 2 мин – для сводок, распространяемых на аэродроме;



- 10 мин – для сводок, распространяемых за пределы аэродрома.

Направление ветра в сводках METAR\SPECI передается без поправки на магнитное склонение.

Приземный ветер:

	MPS	
dddffGfmfm	или	dndndnVdxdxdx
	KT	

где ddd – среднее направление ветра

ff – скорость ветра. Значениям скорости ветра менее 10 единиц должен предшествовать 0 (например, 7 м/с кодируется - 07, при штиле кодируется -00).

Gfmfm - группа G служит указателем того, что далее сообщается fmfm - максимальная скорость ветра за 10-минутный период, предшествующий сроку наблюдений.

Пример: 25005G10MPS

Если за указанный период максимальная скорость ветра не превысила среднюю на 5м/с и более, то данная группа в сводку не включается.

MPS – единицы измерения скорости ветра - метры в секунду (определяются национальным решением). Передаются без пробела после fmfm или ff.

Сообщаемый в сводках METAR, SPECI ветер должен быть средней величиной за период в 10 минут, предшествующий наблюдению. Если в течение этого периода наблюдалось резкое изменение характеристик ветра, то среднее значение должно рассчитываться за период после этого изменения.

Резкое изменение происходит тогда, когда в течение, по крайней мере, двух минут наблюдается устойчивое изменение направления ветра на 30° или более при скорости ветра 5 м/с или более до или после изменения, или изменение скорости ветра на 5 м/с или более.



Если в течение десяти минут, предшествующих наблюдению, направление ветра меняется в интервале от 60° до 180° , а скорость ветра составляет 1,5 м/с или более, то в сводку дополнительно включаются группа:

dndndnVdxdxdx,

где dndndn и dxdxdx – две экстремальные величины направления, в пределах которых наблюдалось изменение направления приземного ветра. Они указываются в порядке очередности по часовой стрелке.

Пример: 25005MPS 210V280 - ветер у земли 250 градусов 5 метров в секунду, за 10-минутный период, предшествующий сроку наблюдений направление приземного ветра, менялось от 210° до 280° .

Если направление ветра меняется в интервале от 60° до 180° , а скорость ветра составляет менее 1,5 м/с, направление ветра сообщается в сводке как переменное, VRB, без указания среднего направления.

Пример: VRB01MPS

Если направление ветра меняется на 180° градусов или более, например, во время прохождения грозы над аэродромом, направление ветра сообщается в сводке как переменное без указания среднего направления.

Пример: VRB15MPS

Скорость ветра менее 0,5 м/с кодируется как 00000, затем без интервала следует сокращение, используемое для обозначения единиц измерения скорости ветра.

Пример: 00000MPS

Если сообщается о скорости ветра 50 м/с или более, в группу включается буквенный указатель Р.

Пример: 240P50MPS (140P99KT)



Пример: На АМСГ по прибору измерен ветер: направление 250°, средняя скорость 6м/с порыв 10м/с. На данном аэродроме магнитное склонение (западное) составляет 6°. Какие параметры ветра и в каком виде войдут:

- 1) в местную сводку?
- 2) в сводку для передачи в другие аэропорты?

Ответ:

1) В местную сводку параметры ветра передаются открытым текстом с поправкой на магнитное склонение: «ветер 260 градусов 6». (т.к. в лекции указано, что положительным считается – восточное, а отрицательным – западное; причем поправка берется с противоположным знаком).

2) В сводки, предназначенные для передачи за пределы аэродрома, параметры ветра передаются в кодовой форме METAR\SPECI без поправки на магнитное склонение и без порыва: 25006MPS.

Сдвиги ветра и их влияние на взлет и посадку

При пилотировании самолета в непосредственной близости от земной поверхности его экипаж должен иметь информацию не только о скорости и направлении ветра, но и о возможных резких изменениях этих параметров ветра вдоль траектории движения. Самолет пересекает самый нижний слой атмосферы в столь короткое время, что ограниченный запас высоты, скорости полета и приемистости двигателей не позволяют летчику своевременно реагировать на неожиданное изменение ветра. Отсутствие информации о резком усилении или ослаблении ветра в ряде случаев было одной из главных причин летных происшествий.

Характеристикой пространственной изменчивости ветра является **сдвиг ветра** - изменение направления и/или скорости ветра в пространстве, включая



восходящие и нисходящие воздушные потоки. Сильные сдвиги ветра относят к опасным для авиации явлениям погоды.

Условия сдвига ветра, как правило, связаны со следующими явлениями:

- грозы, микропорывы, воронкообразные облака (торнадо или водяные смерчи);
- прохождение атмосферных фронтов;
- сильный приземный ветер, обусловленный местными топографическими условиями;
- морской бриз;
- горные волны;
- температурные инверсии на малых высотах.

Сдвиг ветра определяется как векторная разность векторов ветра, измеренная в двух точках пространства, которая отражает изменение как скорости, так и направления ветра при перемещении от одной точки к другой. В зависимости от взаимного расположения рассматриваемых точек в пространстве различают *горизонтальный и вертикальный сдвиг ветра*.

В районе аэродрома *горизонтальный сдвиг* ветра можно определить по результатам одновременного измерения параметров ветра в различных точках аэродрома (у разных торцов ВПП, на метеоплощадке и в других точках, где установлены датчики ветра). Базовое расстояние, для которого измеряются горизонтальные сдвиги ветра – это расстояние в 600метров.

Вертикальный сдвиг ветра характеризует изменение вектора ветра с высотой. Для практических целей метеорологического обеспечения полетов значения вертикального сдвига рассчитывают для слоя толщиной 30м. иногда сдвиг ветра определяют в слое толщиной 100м.

По своей интенсивности сдвиги ветра подразделяются на слабые, умеренные, сильные и очень сильные.



Критерии интенсивности сдвигов ветра

Интенсивность сдвига ветра (качественный термин)	Влияние на управление воздушным судном	Вертикальный сдвиг ветра, м/с на 30 м; горизонтальный сдвиг ветра, м/с на 600 м
Слабый	Незначительное	0-2
Умеренный	Значительное	2-4
Сильный	Существенные трудности	4-6
Очень сильный	Опасное	> 6

Повторяемость и значения вертикальных сдвигов ветра существенно зависят от периода осреднения данных о ветре и от толщины рассматриваемого слоя, причем увеличение пространственно-временного масштаба осреднения приводит к занижению значений вертикального сдвига ветра.

В нижнем 30-метровом слое атмосферы повторяемость сильных и очень сильных сдвигов ветра невелика (около 3 %), однако при наблюдениях на мачтах отмечались сдвиги ветра, превышающие 20 м/с на 30 м. Такие резкие изменения ветра, несомненно, представляют опасность для взлета самолета, посадки и полета на малых и предельно малых высотах.

Влияние горизонтального сдвига ветра на полет самолета также опасно. Так, в случае резкого усиления встречного ветра будет наблюдаться «подбрасывание» самолета, а при его ослаблении самолет будет «проваливаться».

Под действием сдвигов ветра самолет может испытывать эволюцию не только в вертикальной плоскости, но и изменять направление движения.

Все это объясняет причину того, что сдвиг ветра относится к опасным для авиации атмосферным явлениям, информация о которых в оперативном порядке передается экипажам воздушных судов для обеспечения безопасности полетов.

Сведения о наличии сдвига ветра получают с помощью:

а) наблюдений с борта воздушных судов на этапе набора высоты или захода на посадку;



- б) соответствующих датчиков, установленных на имеющихся вблизи аэродрома возвышенных участках (мачтах или вышках);
- в) наземного оборудования обнаружения сдвига ветра, например, системы датчиков приземного ветра, расположенных таким образом, чтобы контролировать конкретную взлетно-посадочную полосу или взлетно-посадочные полосы и соответствующие траектории захода на посадку и взлета;
- г) наземного оборудования дистанционного измерения сдвига ветра.

Сведения о наличии в зоне захода на посадку и взлета сдвига ветра любой интенсивности указываются:

- в местных сводках;
- в сводках METAR и SPECI (в виде группы WS RD_RDR, где DRDR – номер ВПП).

Информация о существовании сдвига ветра вдоль траектории взлета между уровнем ВПП и 500 м (1600 футов) является важной для производства полетов и сообщается всегда, когда эти данные имеются и когда это оправдано местными условиями. В этом случае сводках METAR и SPECI используется группа **WS RD_RDR**.

Например, WS R24 (сообщается о сдвиге ветра в зоне взлета или посадки взлетно-посадочной полосы 24).

Если сдвиг ветра вдоль траектории или траектории захода на посадку влияет на все ВПП в аэропорту, то используется в сводках METAR и SPECI группа **WS ALL RWY**.

Отмена сведений о сдвиге ветра в зоне захода на посадку или взлета производится, если его наличие не подтверждается экипажами ВС или по прошествии 1 часа со времени последнего сообщения о нем.



Атмосферная турбулентность

Среди метеорологических явлений, оказывающих влияние на полеты воздушных судов, одним из наиболее опасных является атмосферная турбулентность, вызывающая интенсивную болтанку самолетов, под которой понимается резкое перемещение ВС в вертикальной плоскости.

Атмосферная турбулентность – это движение воздуха, при котором воздушные частицы совершают беспорядочное перемещение по сложным траекториям.

Болтанка, особенно сильная, - явление сравнительно редкое. Тем не менее, внезапное попадание самолета в зону интенсивной турбулентности может быть причиной серьезных летных происшествий.

Атмосфера практически всегда находится в турбулентном состоянии. Основной причиной турбулизации воздушных течений являются возникающие в атмосфере контрасты в поле ветра и температуры. Различные процессы порождают эти контрасты. К основным таким процессам следует отнести:

- трение воздушного потока о поверхность земли и как следствие - большие вертикальные градиенты ветра в нижнем слое;
- деформация воздушных течений горами;
- неодинаковое нагревание различных участков подстилающей поверхности, что вызывает термическую конвекцию;
- процессы облакообразования, при которых выделяется тепло конденсации и изменяется характер полей температуры и ветра;
- взаимодействие воздушных масс с различными термодинамическими характеристиками, на границе которых очень резко выражены горизонтальные градиенты температуры и ветра;
- наличие инверсионных слоев, на которых могут возникать гравитационные волны, теряющие при определенных условиях устойчивость.



Эти процессы могут действовать одновременно и тем самым усиливать или ослаблять турбулизацию атмосферы. При классификации турбулентности обычно во внимание принимаются не причины ее возникновения, а особенности развития. При этом выделяют орографическую (механическую) турбулентность, термическую (конвективную) турбулентность и динамическую турбулентность.

Орографическая турбулентность является функцией скорости ветра у поверхности земли, шероховатости земной поверхности, а также взаимного расположения направления ветра и направления хребта. Возмущения, возникающие за счет неровностей земной поверхности, приводят к образованию восходящих и нисходящих потоков, которые и вызывают болтанку ВС.

Термическая (конвективная) турбулентность образуется за счет неравномерного нагрева поверхности или при адвекции холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность.

Динамическая турбулентность возникает в атмосфере в слоях, где наблюдаются большие вертикальные и горизонтальные сдвиги ветра и температуры.

Интенсивность турбулентности определяется пилотами субъективно с использованием градаций:

- *слабая*, отдельные легкие покачивания самолета, отдельных пассажиров вызывает неприятные ощущения;
- *умеренная*, сопровождаются частыми толчками, резким креном ВС и отдельными бросками, в самолете ходьба затруднена.
- *сильная*, наблюдаются исключительно резкие броски самолета, отклонение по высоте и курсу, ухудшается управляемость самолета, может создаться режим полета опасный для прочности ВС, тяжело переносится большинством пассажиров, утомляет экипаж.

Сведения о наличии в зоне захода на посадку и взлета турбулентности включаются в местные сводки.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Иркутской области
«Иркутский гидрометеорологический техникум»

Отмена сведений об особых условиях в зоне захода на посадку и взлета производится, если их наличие не подтверждается экипажами ВС или по прошествии 2-х ч со времени последнего сообщения о них.