

# Атмосферное давление и плотность воздуха. Реальный ветер

Лектор: доцент каф. 10, к.т.н.  
Моисеева Н.О.

# Общие сведения об атмосферном давлении

Атмосферным давлением ( $P$ ) называется сила, вызванная весом столба воздуха, простирающегося через всю атмосферу, действующая на единицу горизонтальной поверхности.

Измерение давления проводится при помощи приборов, называемых барометрами.

Атмосферное давление измеряется в паскалях и миллиметрах ртутного столба. В системе СИ (Международная система единиц) давление измеряется в паскалях (Па).

# Перевод значений единиц атмосферного давления

- Для перевода давления из гПа в мм рт.ст необходимо число гектопаскалей умножить на  $3/4$  (0,75).
- Для перевода давления и мм рт.ст. в гПа необходимо число миллиметров умножить на  $4/3$  (1,333),

# Таблицы перевода давления

На практике перевод осуществляется при помощи специальных таблиц

гПа	Дюйм рт.ст.	гПа	Дюйм рт.ст.	гПа	Дюйм рт.ст.	гПа	Дюйм рт.ст.	гПа	Дюйм рт.ст.
951	28,09	971	28,68	991	29,27	1011	29,86	1031	30,45
952	28,12	972	28,71	992	29,30	1012	29,89	1032	30,48
953	28,15	973	28,74	993	29,33	1013	29,92	1033	30,51
954	28,18	974	28,77	994	29,36	1014	29,95	1034	30,54
955	28,21	975	28,80	995	29,39	1015	29,98	1035	30,57
956	28,24	976	28,83	996	29,42	1016	30,01	1036	30,60
957	28,27	977	28,86	997	29,45	1017	30,04	1037	30,63
958	28,30	978	28,89	998	29,48	1018	30,07	1038	30,66
959	28,33	979	28,92	999	29,51	1019	30,10	1039	30,69
960	28,35	980	28,95	1000	29,54	1020	30,13	1040	30,72
961	28,38	981	28,97	1001	29,57	1021	30,16	1041	30,75
962	28,41	982	29,00	1002	29,60	1022	30,19	1042	30,78
963	28,44	983	29,03	1003	29,62	1023	30,22	1043	30,81
964	28,47	984	29,06	1004	29,65	1024	30,24	1044	30,84
965	28,50	985	29,09	1005	29,68	1025	30,27	1045	30,87
966	28,53	986	29,12	1006	29,71	1026	30,30	1046	30,89
967	28,56	987	29,15	1007	29,74	1027	30,33	1047	30,92
968	28,59	988	29,18	1008	29,77	1028	30,36	1048	30,95
969	28,62	989	29,21	1009	29,80	1029	30,39	1049	30,98
970	28,65	990	29,24	1010	29,83	1030	30,42	1050	31,01

# Барическая тенденция

В метеорологии изменения давления во времени характеризуют барической тенденцией – величиной изменения давления за последние три часа ( $\pm rra$ ), где

+ – повышение

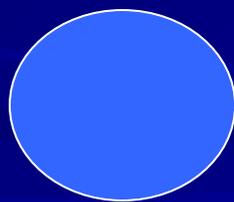
- – понижение

$rr$  – величина изменения за последние три часа в гПа с десятичными долями;

$a$  – характер изменения давления на ленте барографа.

# Указание давления на карте погоды

На карты погоды возле кружка метеорологической станции наносится величина атмосферного давления, приведенного к уровню моря ( $PPP$ ), и барическая тенденция ( $\pm ppa$ ) в гПа с десятичными долями следующим образом:



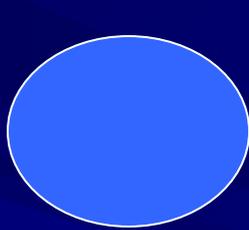
$PPP$

$\pm ppa$

При чтении величины атмосферного давления пользуются такими правилами: если указанное значение давления менее 500 (более 500), то мысленно впереди ставится 10(9) и последняя цифра отделяется запятой;

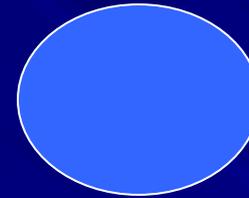
если указанное значение давления равняется 500, то мысленно впереди ставится цифра 9 или 10 в зависимости от общего поля давления в данном районе и последняя цифра отделяется запятой.

# Пример чтения величины атмосферного давления с карты погоды:



134  
+21 /

Атмосферное давление, приведенное к уровню моря: 1013,4 гПа;  
барическая тенденция: за последние три часа давление увеличилось на 2,1 гПа, давление увеличивалось.



931  
00

Атмосферное давление, приведенное к уровню моря: 993,1 гПа;  
барическая тенденция: за последние три часа давление не изменилось.

# БАРИЧЕСКАЯ СТУПЕНЬ

Для ориентировочной оценки изменения давления с высотой, а также для приближенного расчета изменения высоты по разности значений давления на практике пользуются **барической ступенью**.

**Барическая ступень ( $h$ )** - это высота, на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на одну единицу (на 1 гПа или 1 мм рт.ст.).

Величина барической ступени используется в авиации при расчетах безопасной высоты полета в равнинной и холмистой местности. С ее помощью можно приводить (в первом приближении) давление к уровню моря по формуле:

$$P_{\text{прив}} = P_{\text{аэр}} + H_{\text{аэр}} / h$$

где:

$P_{\text{прив}}$  - давление аэродрома, приведенное к уровню моря (мм рт.ст. или гПа);

$P_{\text{аэр}}$  - давление аэродрома (мм рт.ст. или гПа);

$H_{\text{аэр}}$  - высота аэродрома над уровнем моря в метрах;

$h$  - барическая ступень.

У земной поверхности при стандартном давлении  $P_0 = 1013,2$  гПа (760 мм рт.ст)  $h = 11$  м/мм рт.ст. или  $h = 8$  м/гПа

# ПОНЯТИЕ О ГЕОПОТЕНЦИАЛЕ

Распределение давления в атмосфере можно представить в виде бесчисленного, количества поверхностей, во всех точках которых давление одинаково. Такие поверхности называются **изобарическими** (**изо** - равный, **барос** - тяжесть, давление). Они располагаются одна над другой и не параллельны уровню моря, что объясняется неравномерным распределением по горизонтали температуры и давления воздуха, а, следовательно, и различной барической ступенью. Высоты изобарических поверхностей измеряются и от уровня моря в единицах **геопотенциала**.

**Геопотенциал** представляет собой работу, которую надо совершить, чтобы поднять единицу массы от уровня моря до данной высоты. Сила тяжести  $P$ , действующая на единицу массы, равна  $P = g \cdot 1 = g$ , а работа  $\Phi$ , затрачиваемая на поднятие единицы массы на высоту  $H$ , равна:

$$\Phi = gH.$$

Эту работу и называют **потенциалом силы тяжести** или **геопотенциалом**.

**Единицей геопотенциала** является геопотенциальный метр (гпм), равный работе, которую надо совершить чтобы поднять массу в 1 тонну на высоту 1 метр при ускорении силы тяжести  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

# ИЗОБАРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

- *Для анализа пространственного распределения давления на высотах путем специальных расчетов в атмосфере выделяются поверхности с одинаковым атмосферным давлением. Такие поверхности называют изобарическими (от греч. «изос» - равный, «барос» - тяжесть, давление).*
- *Изобарические поверхности располагаются одна над другой (с большим давлением – ниже, с меньшим – выше) и непараллельны уровню моря. Это объясняется неравномерным горизонтальным распределением температуры и давления воздуха, и, как следствие, различной барической ступенью.*
- *Над областью тепла изобарические поверхности повышаются, над областью холода – понижаются. Эти поверхности бываю выше над областями повышенного давления и ниже – над областями с пониженным давлением.*
- *Каждая изобарическая поверхность имеет свой рельеф. Отдельные ее участки могут быть по-разному наклонены к поверхности уровня моря (или любой другой параллельной ему уровню).*
- *Некоторые изобарические поверхности могут пересекаться с поверхностью уровня моря, образуя плавные кривые линии, называемые изобарами.*

# ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ БАРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Распределение давления на уровне моря вдоль земной поверхности представлено на приземных картах погоды. На эти карты наносится давление, измеренное на метеорологических станциях и приведенное к уровню моря. Точки с одинаковым давлением на картах погоды соединяются плавными линиями, которые называются *изобарами*. Изобары обычно проводятся через 5 гПа для значений давления, кратных 5 (995, 1000, 1005 и т.д.). Поле атмосферного давления, изображенное на картах погоды с помощью изобар, называется *барическим полем* или *барическим рельефом*. Формы барического поля носят название *барических систем*. Основными формами барического поля (барическими системами) являются: *циклопы, антициклоны, ложбины, гребни и седловины* (рис. 2.).

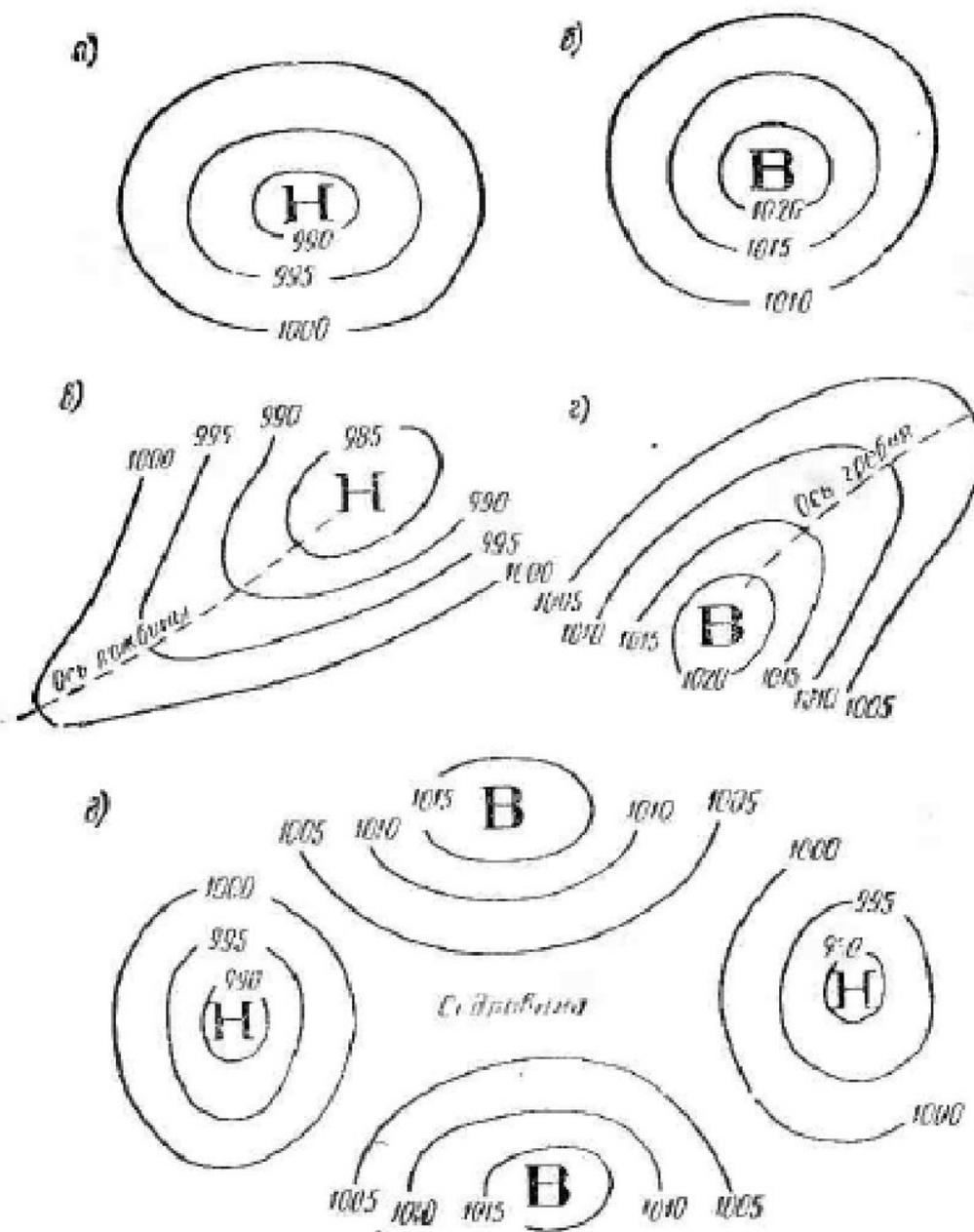


Рис. 8. Основные формы барического поля:  
 а — циклон; б — антициклон; в — ложбина; г — гребень;  
 д — седловина

# БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- **Циклон** - область низкого давления, очерченная на картах погоды замкнутыми изобарами, с минимальным давлением в центре. На картах погоды в России и странах СНГ обозначается буквой “Н” (низкое давление), а на международных картах - “L ” (low pressure). Давление в циклоне уменьшается от периферии к центру.
- **Антициклон** - область высокого давления, очерченная на картах погоды замкнутыми изобарами, с максимальным давлением в центре. На картах погоды в России и странах СНГ обозначается буквой “В ” (высокое давление), а на международных картах - “Н” (high pressure). Давление в антициклоне уменьшается от центра к периферии.
- **Ложбина** - узкая вытянутая полоса пониженного давления, расположенная на периферии л циклона или между двумя антициклонами. Линия, соединяющая точки с наименьшим давлением в ложбине, называется **осью ложбины**.
- **Гребень** — узкая вытянутая полоса повышенного давления, расположенная а периферии антициклона или между двумя циклонами. Линия, соединяющая точки с наибольшим давлением в гребне, называется **осью гребня**.
- **Седловина** - это барическая система, которая образуется между двумя циклонами и двумя антициклонами, расположенными крестообразно.

В циклоне и ложбине, как правило, наблюдаются сложные условия погоды, в антициклоне и гребне - благоприятные, а в седловине - промежуточные.

# БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Изобарические поверхности в области циклона испытывают прогиб вниз, образуя форму воронки (рис. 9). В области антициклона изобарические поверхности располагаются в виде изогнутых поверхностей, обращенных выпуклостью вверх, образуя купол.

Изобарические поверхности располагаются гуще в холодном воздухе и реже в теплом воздухе (рис. 10).

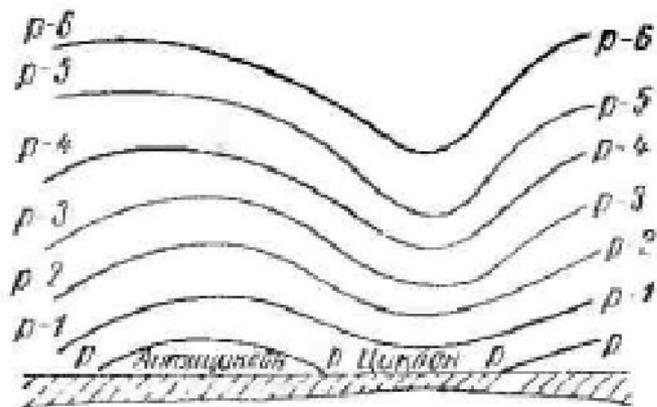


Рис. 9. Изобарические поверхности над циклоном и антициклоном (вертикальный разрез)

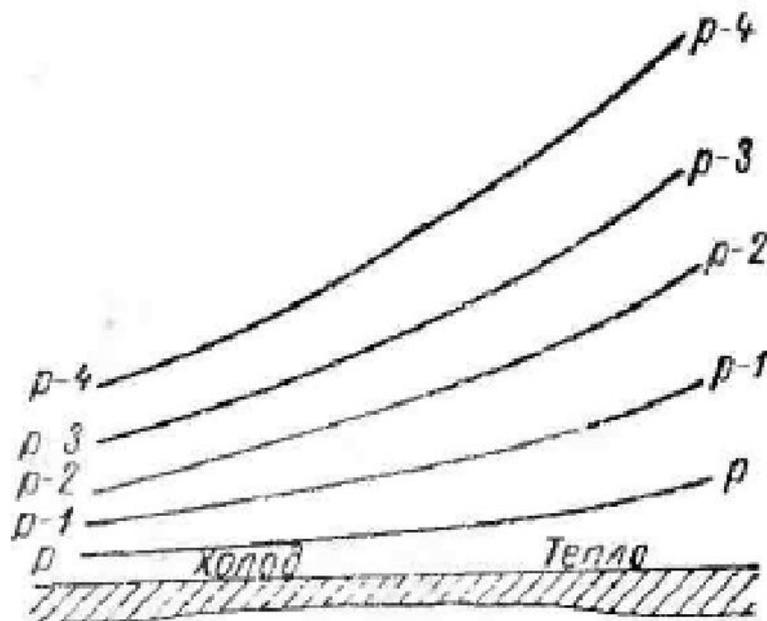


Рис. 10. Изобарические поверхности в теплом и холодном воздухе (вертикальный разрез)

# ИНФОРМАЦИЯ О ДАВЛЕНИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МЕТЕООБЕСПЕЧЕНИИ ПОЛЕТОВ

Для обеспечения безопасности полетов установлены правила вертикального эшелонирования воздушных судов (ВС).

**Эшелон полета** - это выделенная для полетов ВС относительная барометрическая высота ( $H_p$ ), отсчитываемая от изобарической поверхности с давлением 760 мм рт.ст. (1013,2 гПа).

Высота полета на эшелоне выдерживается с помощью барометрического высотомера, нуль шкалы которого установлен на давлении 760 мм рт.ст. Поэтому полет на эшелоне является полетом вдоль одной и той же изобарической поверхности.

Истинная же высота полета (высота над рельефом местности), а также абсолютная (высота над уровнем моря) могут значительно отличаться от барометрической. Это обусловлено тем, что над различными районами уровень с давлением 760 мм рт.ст. располагается по-разному - выше или ниже уровня моря, т.е. изобарические поверхности к параллельны уровню моря. На рис. 3 схематически показано изменение абсолютной и барометрической высоты при полете на эшелоне.

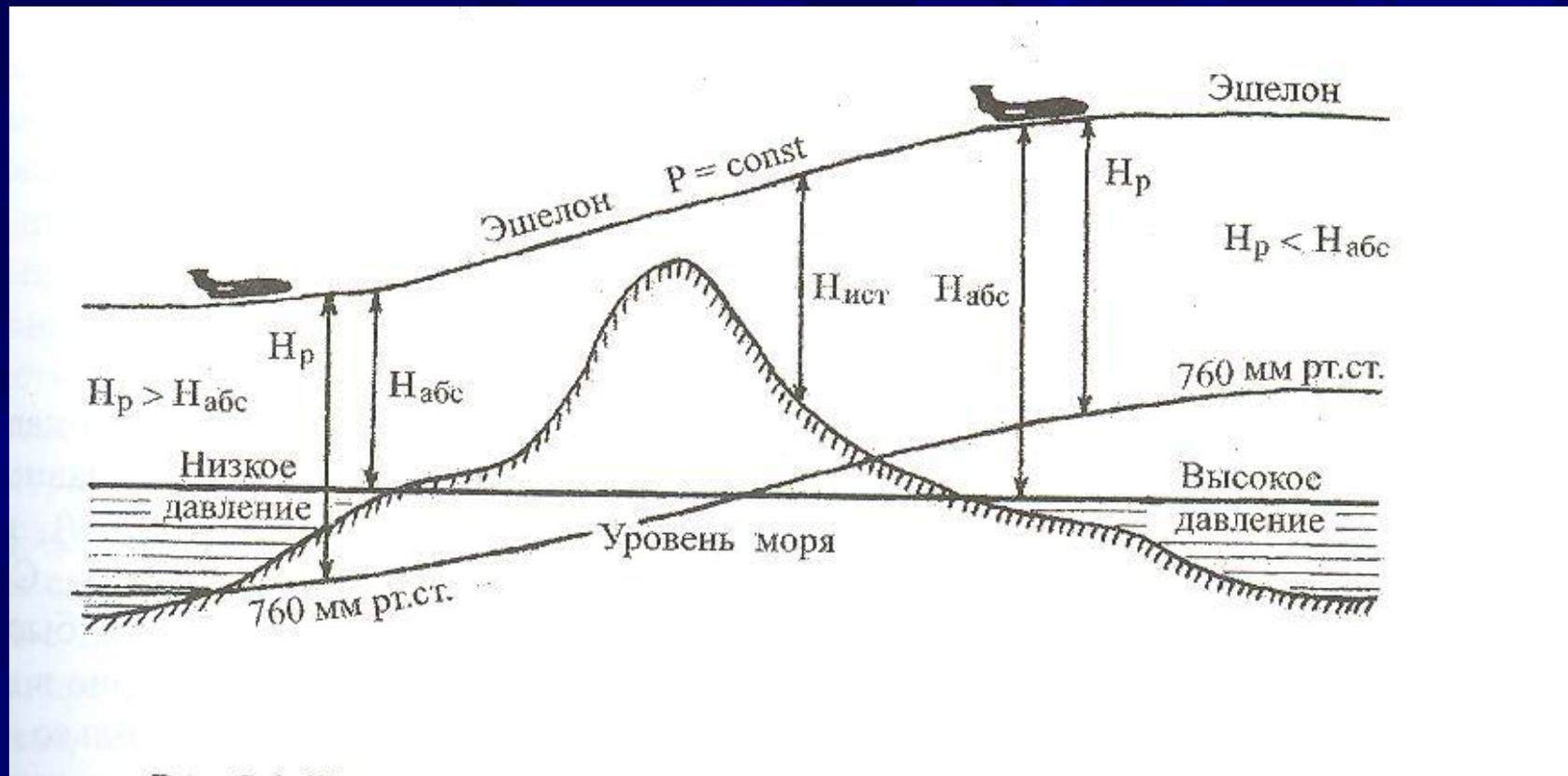


Рис. 3. Изменение абсолютной ( $H_{абс}$ ) и барометрической ( $H_p$ ) высоты полета на эшелоне.

# Значения давления, используемые в авиации

- Метеообеспечении полетов в основном используют значения давления **QFE**, **QFF**, **QNE**, **QNH**.
- Давление **QFE** [Question field elevation (Q – code)] – давление на уровне аэродрома или порога ВПП.
- Давление **QFF** [Atmospheric pressure converted to mean sea level or barometric pressure setting at mean sea level (Q – code)] – атмосферное давление, приведенное к среднему уровню моря.
- Давление **QNE** [Question normal elevation – standard pressure (Q – code)] – стандартное атмосферное давление по стандартной атмосфере.
- Давление **QNH** [Question normal height – sea level pressure (Q – code)] – атмосферное давление, приведенное к среднему уровню моря по условиям стандартной атмосферы.
- В сводках о фактической погоде в формате кодов METAR (SPECI) указывается давление **QNH** с округлением в меньшую сторону до целого гектопаскаля.
- Аэродромные метеорологические органы предоставляют диспетчерскому органу подхода и аэродромной диспетчерской вышке информацию о фактическом значении **QNH** на регулярной основе, а **QFE** – в соответствии с договоренностью на регулярной основе или по запросу.

# Значения давления, используемые в авиации

- Районный диспетчерский центр обеспечивается данными о фактическом давлении *QNH*
- на аэродромах и прогнозируемом минимальном давлении *QNH* в пределах района полетной информации.
- В местных регулярных и специальных сводках указывается информация о давлении *QNH* и *QFE* в гектопаскалях, а при необходимости дополнительно указывается давление *QFE* в миллиметрах ртутного столба. .

В сводках о фактической погоде в формате кодов METAR (SPECI) указывается давление *QNH* с округлением в меньшую сторону до целого гектопаскаля.

Аэродромные метеорологические органы предоставляют диспетчерскому органу подхода и аэродромной диспетчерской вышке информацию о фактическом значении *QNH* на регулярной основе, а *QFE* - в соответствии с договоренностью на регулярной основе или по запросу.

Районный диспетчерский центр обеспечивается данными о фактическом давлении *QNH* на аэродромах и прогнозируемом минимальном давлении *QNH* в пределах района полетной информации.

В местных регулярных и специальных сводках указывается информация о давлении *QNH* и *QFE* в гектопаскалях, а при необходимости дополнительно указывается давление *QFE* в миллиметрах ртутного столба.

# ПЛОТНОСТЬ СУХОГО И ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Одним из основных физических параметров атмосферы, оказывающим влияние на летные и эксплуатационные характеристики ВС, является **плотность воздуха**.

**Плотность воздуха ( $\rho$ )** - это масса воздуха в единице объема. Измеряется в  $\text{г/м}^3$  или  $\text{кг/м}^3$ . Непосредственно плотность воздуха не измеряется, она определяется из уравнения состояния газов:

$$\rho = P/RT = P/R(273+t)$$

Где: P-давление воздуха;  
t- температура в  $^{\circ}\text{C}$ ;  
R- газовая постоянная.

Из формулы видно, что плотность воздуха находится в прямой зависимости от давления и обратной - от его температуры.

При постоянном давлении плотность воздуха зависит только от изменения температуры, поэтому при полете на эшелоне ( $P = const$ ) на лета эксплуатационные характеристики ВС влияет только температура воздуха.

С высотой плотность воздуха уменьшается, так как давление с высотой уменьшается быстрее, чем понижается температура. Так, до высоты 5 км давление уменьшается примерно в два раза, температура понижается только на 12%. Понижение температуры несколько замедляет уменьшение плотности, поэтому плотность с высотой падает медленнее, чем давление. На высоте 5 км плотность воздуха составляет 60% от плотности на уровне моря, а на высоте 10 км - около 35%.

# Влияние влажности на плотность

Плотность воздуха зависит также от его влажности. Плотность водяного пара при равных значениях температуры и давления составляет 0,622 от плотности сухого воздуха. Поэтому влажный воздух легче сухого. При температуре 40°С и относительной влажности 100% влажный воздух легче сухого на 2,8%. Для вычисления плотности влажного воздуха используют **виртуальную температуру ( $T_v$ )** - это такая температура, при которой плотность сухого воздуха равна плотности влажного воздуха, при том же давлении  $P$ :

$$T_v = T(1 + 0,378e/P)$$

Где:  $e$  – упругость водяного пара.

Влияние влажности на плотность воздуха целесообразно учитывать при температуре воздуха выше  $+20^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности более 50%. Уменьшение плотности воздуха из-за содержащегося в нем водяного пара при температуре  $+30^{\circ}\text{C}$  равносильно повышению температуры на  $5^{\circ}\text{C}$ , а при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$  - почти на  $9^{\circ}\text{C}$ . Плотность воздуха также, и температура и давление, изменяется в пространстве и во времени. У экватора плотность воздуха в тропосфере меньше, чем в Европе. Зимой плотность воздуха больше, чем летом в Европе средняя величина плотности воздуха у земной поверхности равна  $1258 \text{ г/м}^3$ , на высоте 5 км -  $735 \text{ г/м}^3$ .

# РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ

Фактический ветер, измеренный с помощью шар-пилота а, радиопилот а или радиозонда, называется реальным ветром. Он не является устойчивым воздушным потоком как во времени, так и в пространстве, поэтому использование реального ветра в навигационных расчетах имеет пространственные и временные ограничения и характеризуется радиусом действия - расстоянием от пункта измерения, на котором изменение характеристик ветра не превышает заданной величины, и сроком годности - промежутком времени, в течение которого изменение характеристик ветра не превышает заданной величины. В соответствии с требованиями к точности навигационных расчетов радиус действия измеренного (реального) ветра составляет 100...150 км, а срок годности – 3...6 час. Изменчивость характеристик ветра зависит от его скорости. Чем больше скорость ветра, тем меньше изменчивость его направления и тем больше изменчивость скорости. Ветру свойственна порывистость, вызываемая турбулентностью. Эта изменчивость ветра особенно резко выражена вблизи поверхности земли благодаря наблюдающейся здесь повышенной турбулентности

# РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ

Скорость ветра имеет ярко выраженный суточный ход. В приземном слое она имеет максимальное значение днем, а минимальное - ночью. На средних и больших высотах максимальная скорость ветра наблюдается ночью, минимальная - днем (ночью отсутствует тормозящее действие конвекции). С увеличением высоты скорость ветра обычно возрастает, достигая максимального значения под тропопаузой, выше указанного уровня скорость ветра убывает. Под тропопаузой, в верхнем слое тропосферы, нередко наблюдаются очень сильные ветровые потоки однородного направления со скоростью превышающей 30 м/с (100 км/ч). Такие ветры называются струйным и течениями. Максимальная скорость в таком потоке отмечалась над Японией и равнялась 980 км/ч.

При планировании и выполнении полетов по воздушным трассам большой протяженности, длина которых значительно превышает радиус действия ветра, измеренного в аэропорту вылета, удобнее пользоваться характеристиками градиентного ветра, определенными по картам барической топографии. Расчетные характеристики градиентного ветра, с допустимой в самолетовождении точностью, могут быть использованы во всех инженерно-штурманских расчетах. Однако нужно учитывать, что градиентный ветер все же отличается от реального ветра в атмосфере.

Отклонения реального ветра от градиентного (агеострофические отклонения) составляют: по направлению  $\pm 30^\circ$ , по скорости - 10...15%. Чем прямолинейнее воздушный поток и чем больше его скорость, тем больше направление реального ветра совпадает с направлением градиентного ветра

# РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ

- Ветер оказывает существенное влияние на работу ГА, как в приземном слое, так и на высотах. Характеристики приземного ветра влияют на взлет и посадку воздушных судов, а ветер на высотах - на навигационные элементы полета. При сильном ветре на аэродроме могут возникать такие опасные для авиации явления погоды, как метели и пыльные бури, которые ухудшают видимость ниже минимума аэродрома. Ураганы и шквалы при взлете и посадке могут приводить к летным происшествиям. Турбулентный характер ветра вызывает интенсивную болтанку воздушных судов.
- Ветер оказывает существенное влияние на взлетно-посадочные характеристики воздушных судов. Взлет и посадку самолетов стремятся проводить против ветра, так как встречный ветер уменьшает скорость отрыва и посадочную скорость, уменьшает длину разбега при взлете и длину пробега при посадке. Встречный ветер при взлете, создавая дополнительный обдув, увеличивает устойчивость и управляемость самолета в начале движения. При попутном ветре, наоборот, увеличивается длина разбега и пробега, ухудшается устойчивость и управляемость самолета в начале движения при взлете, усложняется выполнение взлета и посадки.
- Время и длина разбега (пробега), длина взлетной (посадочной) дистанции определяет требуемые размеры аэродрома и взлетно-посадочной полосы.

# **РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ**

Значительно усложняется взлет и посадка самолета при боковом ветре или при его больших боковых составляющих. При взлете с боковым ветром об разуются дополнительные аэродинамические силы, затрудняющие управление самолетом. Под влиянием этих сил возникают кренящий и разворачивающий моменты. Кренящий момент образуется вследствие неравномерного обдува крыльев. Посадка самолета при боковом ветре связана с еще большими трудностями, чем взлет. Основная трудность заключается в том, что летчику приходится бороться со сносом самолета. Неточный учет ветра может привести к приземлению самолета вне ВПП. При сильном боковом ветре возможен срыв покрышек колес и поломка шасси в момент касания ВПП. В процессе пробега возникают разворачивающий и кренящий моменты, как и при разбеге.

- В силу перечисленных выше причин для каждого типа самолета устанавливается предельно допустимая скорость бокового ветра (боковой составляющей), при которой возможен взлет и посадка. Ее значение зависит от особенностей конструкции самолета и удельной нагрузки на крыло.

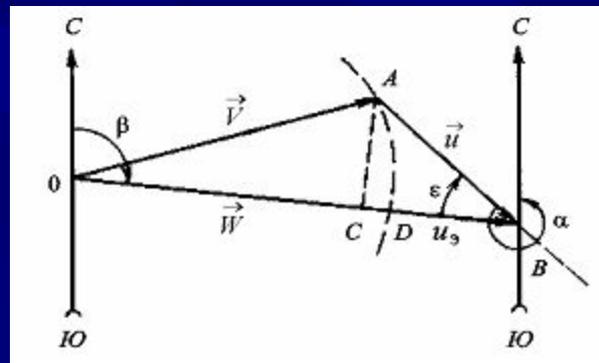
# РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ

- На точность приземления воздушных судов существенно влияет также изменчивость характеристик ветра вдоль ВПП и по высоте в приземном слое (до высоты 60...100 м). Для количественной оценки изменчивости используется понятие *сдвиг ветра*. Это изменение характеристик ветра на небольшом расстоянии. Различают вертикальный и горизонтальный сдвиг ветра. Сдвиг ветра при отсутствии маневра рулями и тягой двигателя может привести к “перелет у” или “недолет у” самолета относительно расчетной точки приземления.
- При полете на эшелоне ветер оказывает существенное влияние на наиболее важные в навигационном отношении элементы, определяющие точность самолетовождения. В первую очередь, это относится к направлению и скорости полета относительно земной поверхности, т.е. к путевой скорости и к углу сноса. Путевая скорость самолета  $W$  представляет собой геометрическую сумму вектора воздушной скорости  $V$  и вектора ветра  $u$ .

$$\overline{W} = \overline{V} + \overline{u}$$

# РЕАЛЬНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВЗЛЕТ, ПОСАДКУ И ПОЛЕТЫ ПО ВОЗДУШНЫМ ТРАССАМ

- Из навигационного треугольника скоростей видно, что путевая скорость может существенно изменяться в зависимости от того, какой ветер - попутный, боковой или встречный. Максимальная путевая скорость бывает при попутном ветре, минимальная - при встречном. При постоянной воздушной скорости от направления и скорости ветра зависит продолжительность полета по воздушной трассе. Направление ветра, кроме того, оказывает влияние на угол сноса. При боковом ветре путевой угол отличается от курсового угла, поэтому для достаточно точного выполнения полета по заданному маршруту нужно учитывать угол сноса.



- Рис. Навигационный треугольник скоростей.

# Литература

1. Баранов А.М. и др. Авиационная метеорология. С. П. Гидрометиздат, 1992 г.
2. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. Санкт Петербург – 2005 г.
3. Гусейнов Н.Ш. Диспетчеру управления воздушным движением и летчику о метеорологии. Баку. Ширваннешр. 1998 г.
  - Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: Учебник, издание 2-е. - Кировоград: ГЛАУ,2010. - 332 с.
1. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология. Екатеринбург 2010 г.
2. Meteorology – JAR.