

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСЛОВИЯ ПОЛЕТА

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Состояние атмосферы и процессы, происходящие в ней, характеризуются рядом метеорологических элементов: давлением, температурой, видимостью, влажностью, облаками, осадками и ветром.

Атмосферное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба или в миллибарах (*1 мм рт. ст. = 1,3332 мб*). За нормальное давление принимают атмосферное давление, равное *760 мм рт. ст.*, что соответствует *1013,25 мб*. Нормальное давление близко к среднему давлению на уровне моря. Давление непрерывно изменяется как у поверхности Земли, так и на высоте. Изменение давления с высотой можно характеризовать величиной барометрической ступени (высота, на которую надо подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 мм рт. ст. или на 1 мб)

Величина барометрической ступени определяется по формуле:

$$n = \frac{8000}{P} (1 + 0,004t),$$

где t - температура,

P - давление.

С высотой барометрическая ступень возрастает, так как давление уменьшается; в теплом воздухе уменьшение давления с высотой происходит медленнее, чем в холодном.

Данные об атмосферном давлении, нанесенные на синоптические карты, приведены к уровню моря. Для обеспечения посадки самолетов на борт экипажам передаются значения атмосферного давления (в мм рт. ст.) на уровне ВПП. Давление учитывается при определении безопасной высоты полета, а также при посадке и выборе эшелонов.

Температура воздуха характеризует тепловое состояние атмосферы. Температура измеряется в градусах. Изменение температуры зависит от количества тепла, поступающего от Солнца на данной географической широте, характера подстилающей поверхности и атмосферной циркуляции.

В РФ и большинстве других стран мира принята стоградусная шкала. За **основные (реперные) точки** в этой шкале приняты: 0°C - точка плавления льда и 100°C - точка кипения воды при нормальном давлении (760 мм рт. ст.). Промежуток между этими точками разбит на 100 равных частей. $1/100$ этого промежутка носит название «один градус Цельсия» - 1°C .

Видимость. Под дальностью горизонтальной видимости у Земли, определяемой метеорологами, понимается то расстояние, на котором еще можно обнаружить предмет (ориентир) по форме, цвету, яркости. Дальность видимости измеряется в метрах или километрах.

Видимость реальных объектов, определяемая с самолета, называется полетной видимостью. Она подразделяется на горизонтальную, вертикальную и наклонную.

Горизонтальная полетная видимость представляет собой видимость объектов в воздухе, находящихся примерно на уровне полета самолета.

Вертикальная полетная видимость определяется как видимость объектов, расположенных на земной поверхности под углами, близкими к 90° .

Под наклонной полетной видимостью реальных объектов понимается предельное расстояние с высоты H , на котором виден данный объект на окружающем фоне под различными углами.

Частным случаем наклонной полетной видимости является видимость при заходе на посадку, когда объектом обнаружения является начало взлетно-посадочной полосы. При наличии у Земли густой дымки, тумана, метели (поземки) за значение видимости при заходе на посадку принимается горизонтальная видимость у Земли в районе ВПП.

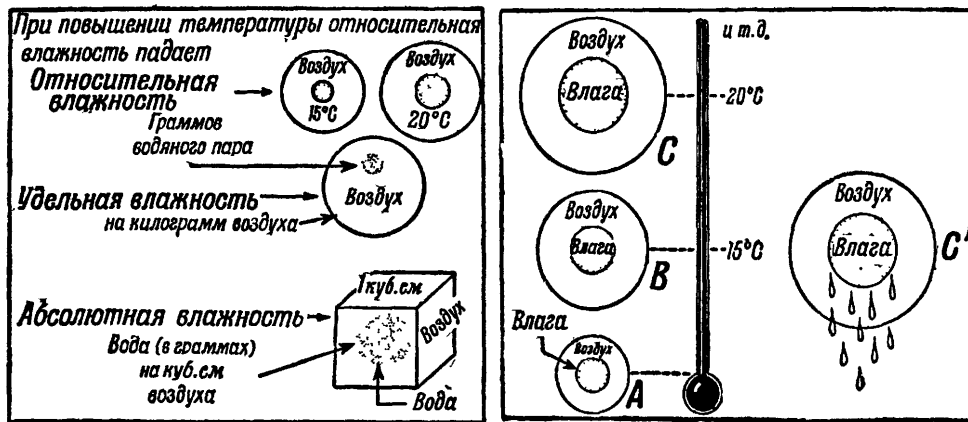
Полетная наклонная видимость реальных объектов (в том числе и посадочная) зависит от многих факторов, среди которых основными являются метеорологические. Наибольшее значение из метеорологических факторов имеет прозрачность атмосферы по наклону (наклонная метеорологическая видимость), которая в свою очередь зависит от высоты и структуры нижнего основания облаков, вертикальной мощности подоблачной дымки и вертикального градиента ее оптической плотности, а также от горизонтальной видимости у Земли.

При отсутствии низкой облачности, приземных дымок и других явлений прозрачность нижнего слоя атмосферы бывает достаточно высокой и в первом приближении можно считать, что она не изменяется с высотой. При этом значение наклонной видимости примерно равно горизонтальной видимости у Земли.

При наличии низкой облачности (слоистых форм) под ней, как правило, наблюдается подоблачная дымка. Толщина слоя подоблачной дымки довольно изменчива и может колебаться от нескольких десятков метров до **100-150 м**. Наличие дымки приводит к тому, что наклонная метеорологическая видимость в подоблачном слое значительно ухудшается, и она, как правило, бывает меньше горизонтальной видимости у

Земли. В связи с этим при определении наклонной полетной видимости реальных объектов при наличии низких облаков слоистых форм решающую роль играет оценка наклонной метеорологической видимости.

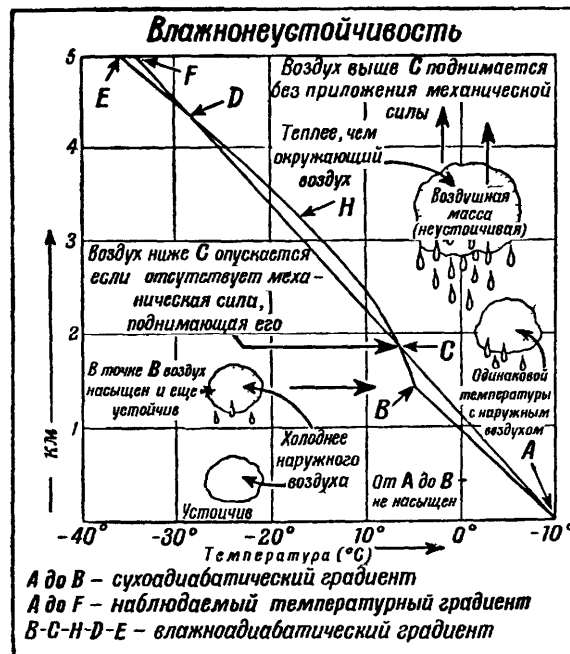
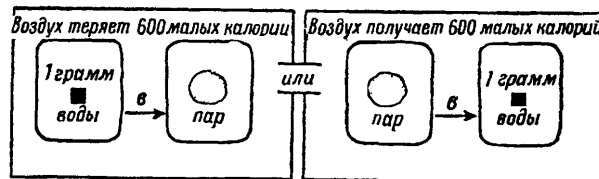
Влажность воздуха-содержание водяного пара в воздухе, выраженное в абсолютных или относительных единицах.



Абсолютная влажность - это количество водяного пара в граммах на 1 м³ воздуха.

Удельная влажность - количество водяного пара в граммах на 1 кг влажного воздуха.

Относительная влажность - отношение количества содержащегося в воздухе водяного пара к тому количеству, которое требуется для насыщения воздуха при данной температуре, выраженное в процентах. Из величины относительной влажности можно определить, насколько данное состояние влажности близко к насыщению.



Точка росы - температура, при которой воздух достиг бы состояния насыщения при данном влагосодержании и неизменном давлении.

Разность между температурой воздуха и точкой росы называется дефицитом точки росы. Точка росы равна температуре воздуха в том случае, если его относительная влажность равна 100%. При этих условиях происходит конденсация водяного пара и образование облаков и туманов.

Облака – это скопление взвешенных в атмосфере капель воды, или ледяных кристаллов, или смеси тех и других, возникших в результате конденсации водяного пара.

По внешнему виду подразделяются на три основные формы: кучевообразные, слоистообразные и волнистообразные (волнистые).

К кучевообразным облакам нижнего яруса относятся кучевые, мощные кучевые и кучево-дождевые облака.

Кучевые облака - облака белого цвета с плоским основанием и куполообразной вершиной, осадков не дают. Высота нижней границы чаще всего колеблется в пределах **1000-1500 м**, вертикальная мощность достигает **1000-2000 м**.

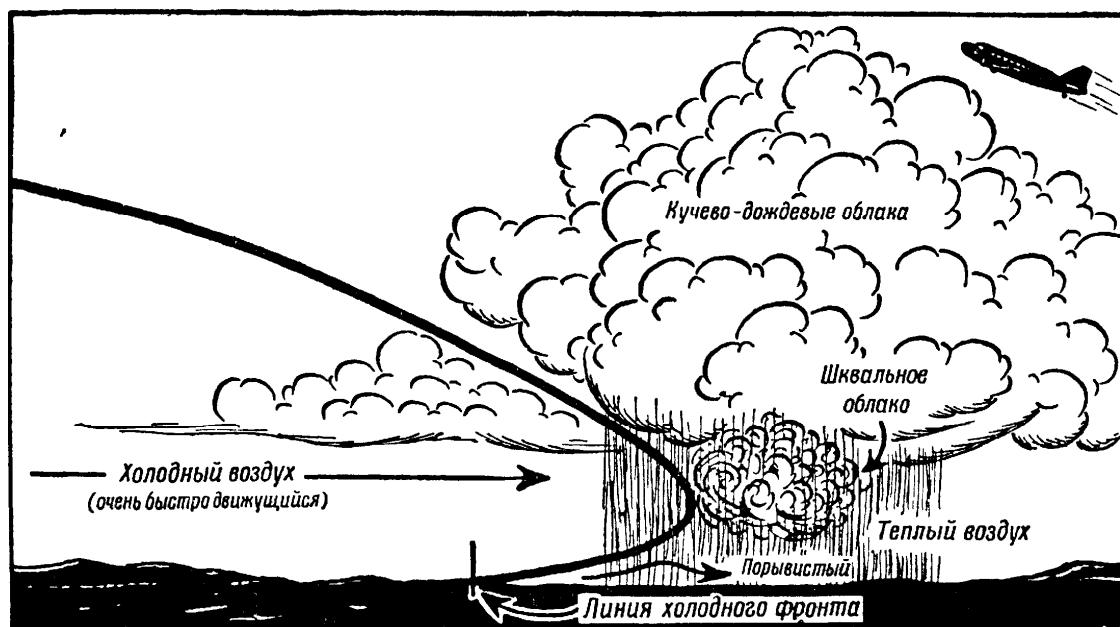
Образование кучевых облаков говорит о неустойчивом состоянии воздушной массы, т. е. о наличии в ней вертикальных потоков. Поэтому полет в облаках, под облаками и между ними неспокоен и сопровождается слабой болтанкой. Выше кучевых облаков полет происходит более спокойно. Видимость в них колеблется в пределах **35-45 м**.

Мощные кучевые облака сильно развиваются по вертикали. Основание облаков плоское и опускается до высоты **1000-600 м**. Верхняя граница достигает обычно высоты **4-5 км**. Внутри облаков наблюдаются сильные восходящие потоки (до **10-15 м/с**). Поэтому входить в мощные кучевые облака запрещается.

Кучево-дождевые облака являются наиболее опасными облаками с точки зрения условий полета в них. Образование их обычно сопровождается грозвыми разрядами и ливневыми осадками. Вертикальная мощность достигает **7-9 км**, а нижнее основание часто лежит на высоте **300-600 м** и имеет относительно небольшую площадь. Особенно быстро их развитие происходит летом в резко пересеченной местности (над горами),

В период перехода мощного кучевого облака в кучево-дождевое, когда происходит бурный процесс его развития в вертикальном направлении, в нем наблюдаются наиболее интенсивные восходящие и нисходящие потоки воздуха. При этом в верхней части облака господствуют интенсивные восходящие движения, а нисходящие - слабы. У основания и средней части облака наряду с сильными восходящими движениями наблюдаются значительные нисходящие движения холодного воздуха, опускающегося из облака вместе с осадками.

В этой стадии развития кучево-дождевого облака экипаж может встретить рядом располагающиеся и нисходящие потоки, достигающие скорости **20-30 м/с**. Наиболее сильная турбулентность наблюдается в средней части облака на высоте **3000-6000 м**.



Кучево-дождевые облака, образующиеся на холодных фронтах, обычно располагаются цепью, простираясь вдоль фронта на сотни километров в длину и десятки километров в глубину. В холодное время года их вертикальная мощность составляет **3-5 км**, а в теплое время их вершины обычно достигают нижней границы стратосферы (**11-12 км**). Средняя скорость перемещения составляет **40-80 км/ч**, а иногда может увеличиться до **100 км/ч** и более.

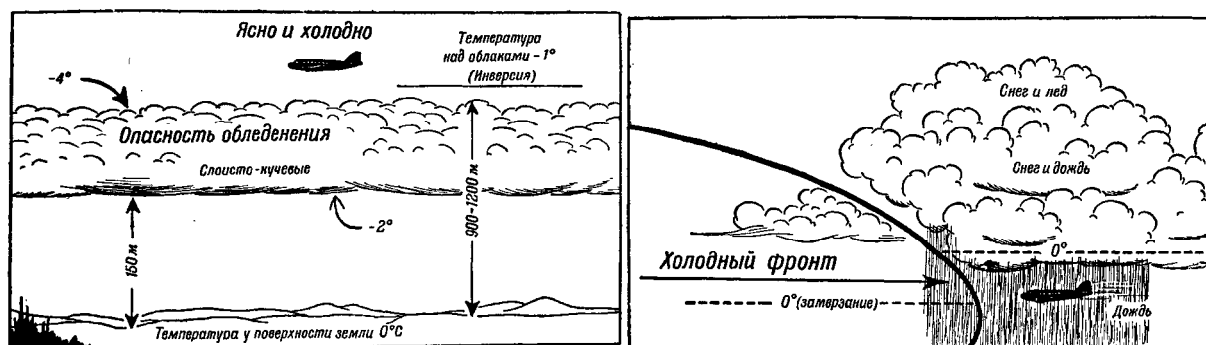
Интенсивная гроздовая деятельность, сильная болтанка, тяжелые виды обледенения (при соответствующих температурах), ливневые осадки, нередко сопровождающиеся градом, и резкое ухудшение

видимости почти полностью исключают возможность выполнения полета в кучево-дождевых облаках. Поэтому полеты в кучево-дождевых (грозовых) облаках и под ними **запрещены**.

При полетах в зонах с грозовой деятельностью усиливаются радиопомехи. Грозовые разряды отмечаются в виде коротких ударов и треска в наушниках, а также по рысканию стрелки радиокompаса. В полете грозовые очаги хорошо обнаруживаются самолетными радиолокационными станциями. На индикаторе кругового обзора местные, внутримассовые грозы видны в виде отдельных, разбросанных по экрану пятен, а фронтальные грозы - в виде цепочки пятен с выпуклостью, обращенной в сторону движения фронта. Визуально приближение грозовых очагов можно определить по вспыхивающим зарницам, особенно в ночное время.

При наличии на маршруте отдельных грозовых очагов рекомендуется обходить их на удалении не менее **10 км**, а при полете над кучево-дождевыми облаками иметь запас высоты **не менее 1000 м** над их вершиной.

Слоистообразные облака являются облаками фронтальными (связаны с теплыми и медленно движущимися холодными фронтами), образуются над фронтальной поверхностью и совпадают с ней своим нижним краем.



Система слоистообразных облаков состоит из слоисто-дождевых (нижний ярус), высокослоистых (средний ярус), перисто-слоистых и перистых облаков (верхний ярус) и покрывает сплошной пеленой площади в сотни тысяч квадратных километров. Вблизи линии фронта нижнее основание слоисто-дождевых облаков обычно располагается на высотах **300-600 м**, верхняя граница - на высоте **4-6 км**, а иногда и более (**до 10-12 км**). Горизонтальная видимость в них колеблется в пределах **15-25 м**.

Полет в слоисто-дождевых облаках на высотах, где кинетический нагрев не обеспечивает повышения температуры выше 0° , связан с возможностью сильного обледенения в виде прозрачного или матового льда. В зимнее время в слоисто-дождевых облаках опасность сильного обледенения наблюдается на всех высотах. Нередко в переходное время года из слоисто-дождевых и высоко-слоистых облаков выпадает переохлажденный дождь. Полет под облаками в зоне переохлажденного дождя опасен из-за сильного обледенения самолета.

Особенно опасен полет под высокослоистыми и слоисто-дождевыми облаками навстречу фронту для экипажей, не овладевших полетами в сложных метеорологических условиях. Вблизи фронта слоисто-дождевая облачность нередко сливается с разорванно-слоистой, нижняя граница которой на расстоянии **100-150 км** от фронта может опускаться до самой земли.

В холодные и переходные сезоны года наиболее часто встречаются волнистообразные (волнистые) облака.

Образование волнистых облаков связано с наличием слоев инверсий в атмосфере, поверхность которых имеет волнистый характер. Волнистые облака могут возникать под слоем инверсии и над ним. В нижнем ярусе под слоем инверсии образуются слоистые и слоисто-кучевые просвечивающие облака. Подынверсионные облака, как правило, внутримассовые и обычно образуются в антициклонах. Нередко они возникают также в теплых секторах циклона.

Слоисто-кучевые просвечивающие облака наблюдаются в виде тонкого слоя волнистых облаков. Очень часто между отдельными волнами можно видеть голубое небо, более светлые места. Высота этих облаков нередко составляет **600-1000 м**. Так как слои инверсии часто располагаются одновременно на различных высотах, то и слоисто-кучевые просвечивающие облака распределяются по высотам обычно несколькими слоями. Толщина отдельных слоев чаще всего не превышает **200-300 м**. Осадки не выпадают, обледенение отсутствует. Характерными оптическими явлениями для них, особенно в холодное время года, являются венцы и gloria.

Видимость в облаках достигает **70-90 м**.

Слоистые облака возникают в подынверсионном слое, когда воздух в нем близок к насыщению и уровень конденсации лежит очень низко.

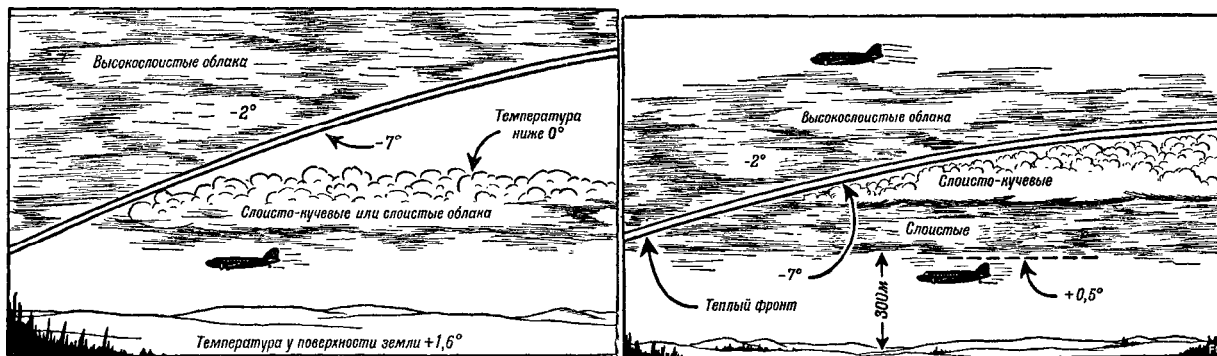
Образовавшийся под инверсией слой облаков снизу имеет вид серого достаточно равномерного облачного покрова. Слоистое облако не имеет резкой нижней границы, что затрудняет определение момента входа в облачность. Верхняя часть слоистых облаков наиболее плотная.

При полете над слоистыми облаками верхний край их представляется волнистым, но достаточно спокойным.

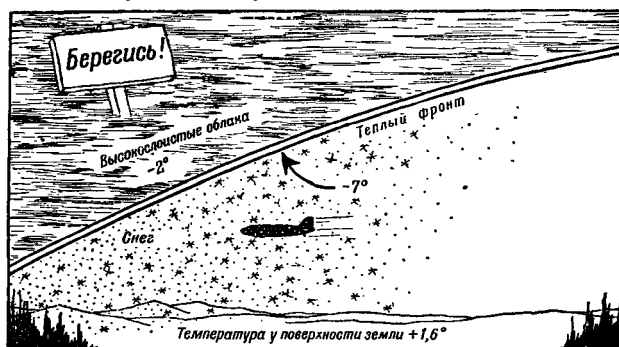
Высота слоистых облаков обычно колеблется в пределах **100-300 м**, толщина -от **200 до 600 м**. Наименьшая толщина и высота слоистых облаков наблюдается в том случае, когда они возникают в результате поднятия туманов.

Эти облака создают большую трудность, а иногда и опасную обстановку на последнем, наиболее ответст' венном этапе полета - заходе на посадку, так как нижнее основание этих облаков близко располагается к земной поверхности и иногда их высота оказывается ниже установленного минимума погоды.

Слоисто-кучевые плотные облака образуются над слоем инверсии на слабо выраженных фронтах и фронтах окклюзии. Они имеют вид сплошного сомкнутого покрова достаточно плотных валов или глыб. Высота нижней границы облаков обычно составляет **300-600 м**, а вертикальная мощность **600-1000 м**. При полете в этих облаках следует учитывать, что их вертикальное распределение характеризуется разделением на несколько слоев, расположенных друг над другом. Расстояние между слоями колеблется в пределах **100-1100 м**, а чаще всего составляет **около 300 м**. Прослойки клинообразные и очень неустойчивы по времени. Горизонтальная видимость в слоисто-кучевых плотных облаках составляет **35-45 м**. Они могут давать слабые и умеренные обложные осадки, особенно в холодное время года. При горизонтальном полете в них наблюдается слабое обледенение.



В полете о высоте нижнего края слоистой и слоисто-кучевой облачности можно судить по виду ее верхней поверхности. Когда эти облака выглядят сверху ровными и спокойными, нижняя граница облаков в этом случае может располагаться на небольшой высоте от Земли. Если поверхность облака выглядит достаточно бугристой и на ней появляются «пенящиеся» белые барашки или вершины кучевообразных облаков, то это говорит о значительной турбулентности подоблачного слоя; в этом случае высота нижней границы облаков обычно **более 300 м**. Появление на верхней поверхности облачности глории говорит о том, что этот слой облаков имеет небольшую толщину.



Осадки - водяные капли или ледяные кристаллы, выпадающие из облаков на поверхность земли. По характеру выпадения осадки подразделяются на обложные, выпадающие из слоисто-дождевых и высокослоистых облаков в виде капель дождя средней величины или в виде снежинок; ливневые, выпадающие из кучево-дождевых облаков в виде крупных капель дождя, хлопьев снега или града; морозящие, выпадающие из слоистых и слоисто-кучевых облаков в виде очень мелких капель дождя.

Полет в зоне осадков затруднен вследствие резкого ухудшения видимости, снижения высоты облаков, болтанки, обледенения в переохлажденном дожде и мороси, возможного повреждения поверхности самолета (вертолета) при выпадении града

Ветер - движение воздуха по отношению к земной поверхности. Он характеризуется скоростью (в м/с или км/ч) и направлением (в град). Направление ветра, принятое в метеорологии (откуда дует), отличается от аэронавигационного (куда дует) на 180°.

Непосредственной причиной возникновения ветра является неравномерное распределение давления по горизонтали. Как только создается разность атмосферного давления в горизонтальном направлении, сейчас же возникает сила барического градиента, под действием которой частицы воздуха начинают перемещаться с ускорением из области более высокого в область более низкого давления. Эта сила всегда направлена перпендикулярно по нормали к изобаре в сторону низкого давления.

Наиболее сильные ветры отмечаются в области струйных течений; скорость ветра в них превышает **100 км/ч**. Ось струйного течения с максимальной скоростью ветра чаще всего располагается на **1000- 2000 м** ниже тропопаузы, т. е. переходного слоя, отделяющего тропосферу от стратосферы. Толщина тропосферы колеблется от нескольких сот метров до **1-2 км**. В этом слое падение температуры с высотой замедляется.

Преобладающим направлением струйных течений является западное. Над РФ струйные течения чаще всего наблюдаются над Дальним Востоком, центральной частью европейской территории, Уралом, Западной Сибирью и Средней Азией. Скорость струйного течения вблизи оси достигает 300 км/ч.

Местные ветры - воздушные течения, возникающие и приобретающие типичные свойства под влиянием местных физико-географических и термических условий. Над территорией РФ наблюдаются следующие основные типы местных ветров.

Бризы-ветры с суточной периодичностью, возникающие по берегам морей и больших озер, а также на некоторых больших реках. Дневной (морской) бриз направлен с моря на сушу, ночной (береговой) - с суши на море. Морской бриз начинается с **10-11 часов утра** и распространяется в глубь континента на **20-40 км**. Его вертикальная мощность достигает в среднем **1000 м**, Береговой бриз начинается после захода Солнца, распространяется в глубь моря на **8-10 км**, достигая высоты около **250 м**.

Горно-долинные ветры - местная циркуляция воздуха между горным хребтом и долиной с суточным периодом: днем-из долины вверх по нагретому, склону, ночью - со склонов горы в долину. Горно-долинные ветры наблюдаются во всех горных системах и особенно хорошо выражены в ясную погоду летом.

Бора - сильный холодный ветер, направленный с прибрежных невысоких гор (**высотой до 1000 м**) на море. Бора распространяется в глубь моря на несколько километров, а вдоль побережья - на несколько десятков километров. Вертикальная мощность потока составляет примерно **200 м**. Новороссийская бора (норд-ост), наблюдающаяся в холодную половину года со скоростью **40- 60 м/с**, вызывает понижение температуры до минус **20- 25° С**. Разновидностью боры является сарма - ветер, дующий на западном берегу Байкала.

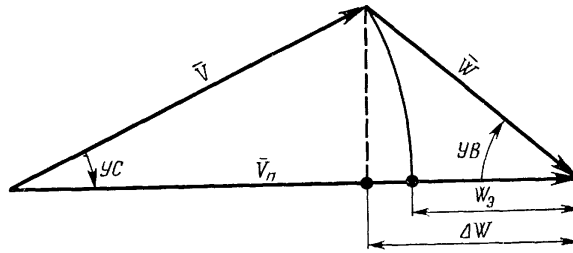
Фен - теплый сухой ветер, направленный с гор, часто сильный и порывистый. При фене на наветренной стороне хребта наблюдаются сложные метеорологические условия (облачность, осадки, плохая видимость), на подветренной стороне, наоборот,- сухая, малооблачная погода. Фены чаще всего наблюдаются в Закавказье, на Северном Кавказе и горах Средней Азии.

Афганец - жаркий и очень пыльный ветер южного и юго-западного направления. При афганце видимость на большой территории сильно ухудшается, затрудняя полеты самолетов и особенно их взлет и посадку. На юге Таджикской ССР и юго-востоке Туркменской ССР афганец наблюдается во все времена года.

Средний ветер слоя атмосферы - расчетный ветер, который оказывает такое же результирующее действие на тело за время его прохождения данного слоя, как и реальный ветер в этом слое. Данные о среднем ветре в различных слоях атмосферы дают возможность судить о направлении и скорости перемещения радиоактивного облака, а, следовательно, об уровне радиации и площадях опасных зон заражения атмосферы и местности. Расчет и графическое отображение среднего ветра производится в метеоподразделениях по данным радиопилотных наблюдений.

Эквивалентный ветер. Для упрощения выполнения некоторых навигационных расчетов пользуются эквивалентным ветром.

Эквивалентным ветром **W₂** называется условный ветер, направление которого всегда совпадает с линией заданного пути ЛЗП, а его скорость в сумме с воздушной скоростью дает такую же путевую скорость, как и действительный ветер.



Эквивалентный ветер

Эквивалентный ветер можно определить по специальной таблице, которая помещается в Руководстве по летной эксплуатации и пилотированию каждого типа самолета (вертолета). Приблизительно эквивалентный ветер можно определить по формуле:

$$W_3 \approx W \cos UB.$$