

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

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.

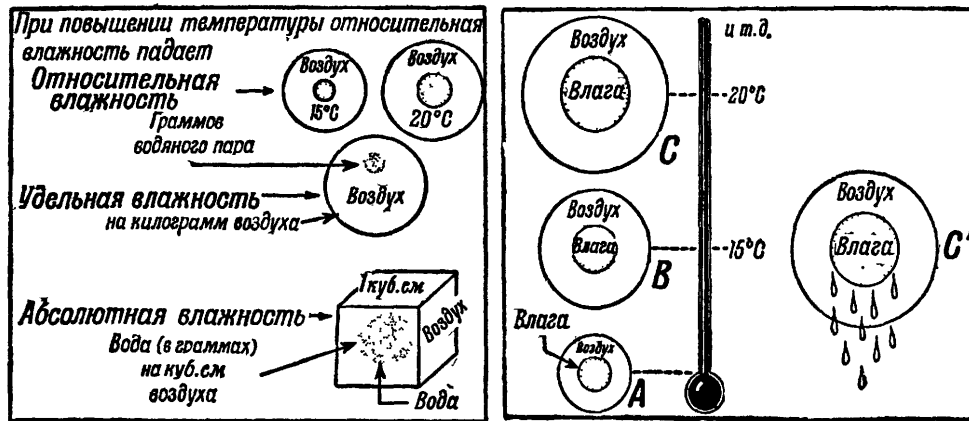
При отсутствии низкой облачности, приземных дымок и других явлений прозрачность нижнего слоя атмосферы бывает достаточно высокой и в первом приближении можно считать, что она не изменяется с высотой. При этом значение наклонной видимости примерно равно горизонтальной видимости у Земли.

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

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

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.

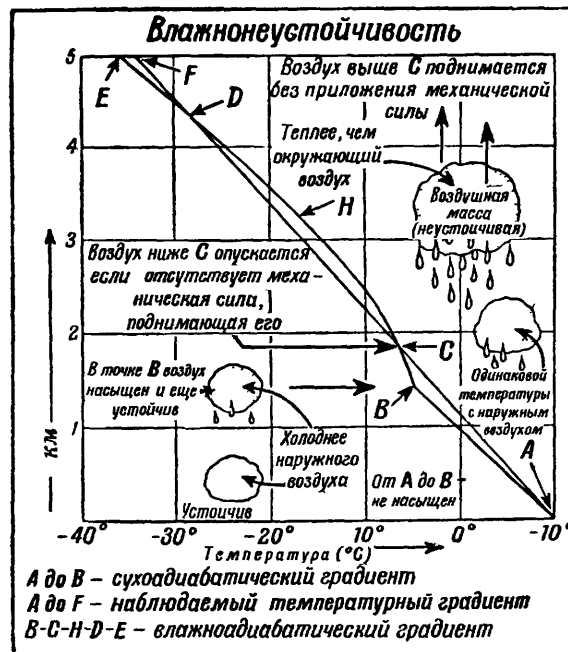
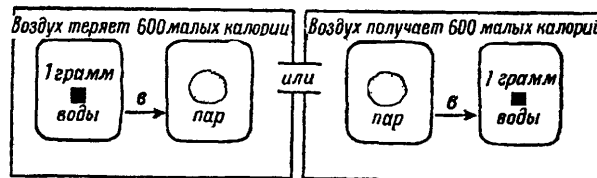
Влажность воздуха - содержание водяного пара в воздухе, выраженное в абсолютных или относительных единицах.



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.

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

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**.

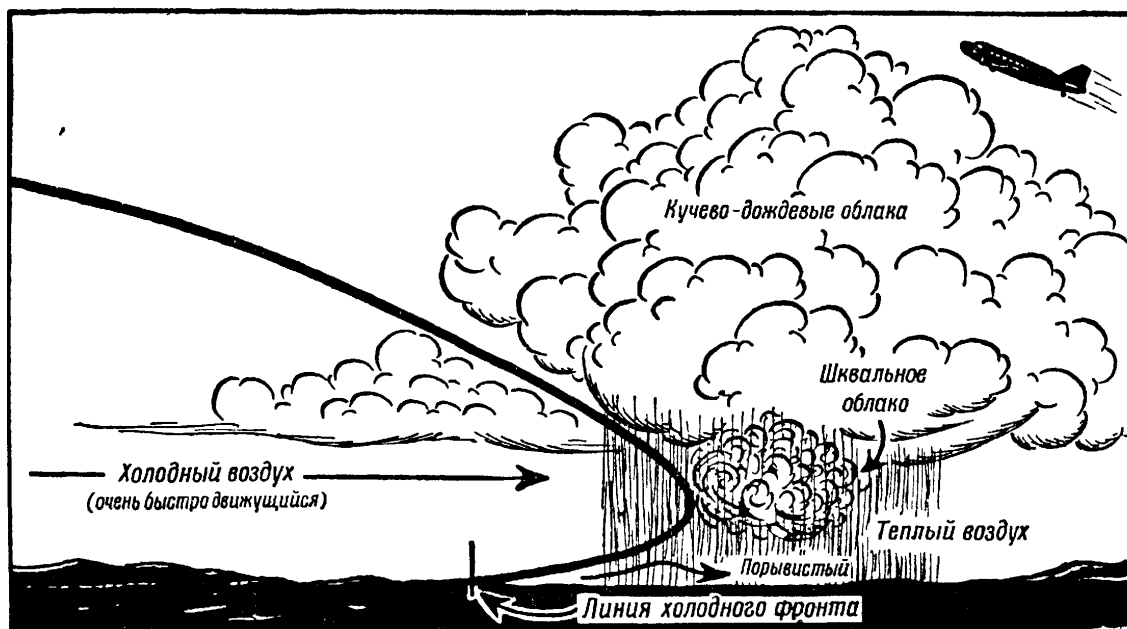
Образование кучевых облаков говорит о неустойчивом состоянии воздушной массы, т. е. о наличии в ней вертикальных потоков. Поэтому полет в облаках, под облаками и между ними неспокоен и сопровождается слабой болтанкой. Выше кучевых облаков полет происходит более спокойно. Видимость в них колеблется в 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 грозовая деятельность, сильная болтанка, тяжелые виды обледенения (при соответствующих температурах), ливневые осадки, нередко сопровождающиеся градом, и резкое ухудшение

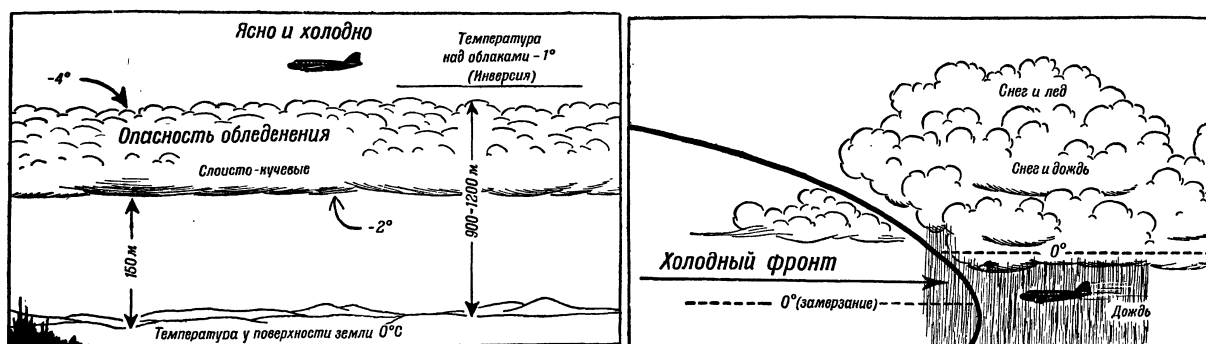
АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

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.

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

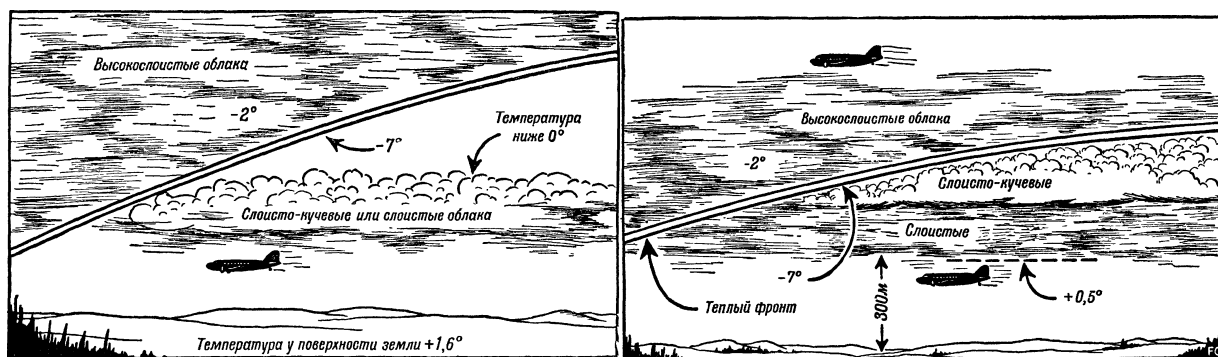
Образовавшийся под инверсией слой облаков снизу имеет вид серого достаточно равномерного облачного покрова. Слоистое облако не имеет резкой нижней границы, что затрудняет определение момента входа в облачность. Верхняя часть слоистых облаков наиболее плотная.

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

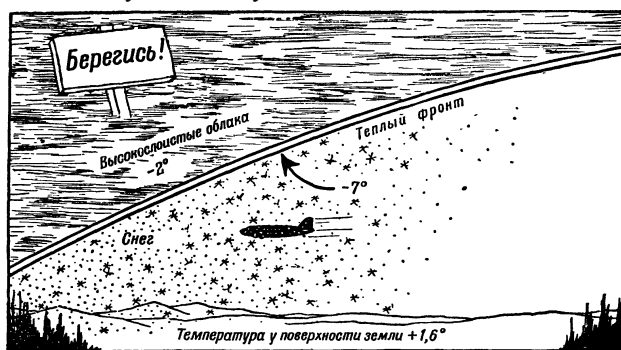
Высота слоистых облаков обычно колеблется в пределах **100-300 м**, толщина - от **200 до 600 м**. Наименьшая толщина и высота слоистых облаков наблюдается в том случае, когда они возникают в результате поднятия туманов.

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; морсящие, 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

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

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.

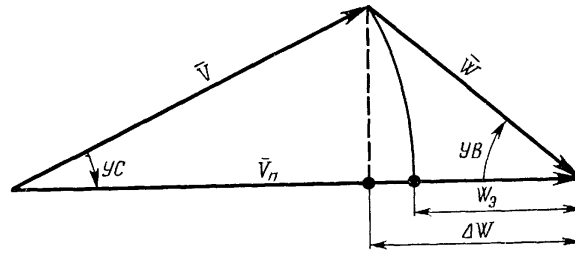
Афганец - жаркий и очень пыльный ветер южного и юго-западного направления. При афганце видимость на большой территории сильно ухудшается, затрудняя полеты самолетов и особенно их взлет и посадку. На юге Таджикской ССР и юго-востоке Туркменской ССР афганец наблюдается во все времена года.

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 производятся 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.

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ



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:

$$W_3 \approx W \cos \gamma_B.$$