



УЕ 2.1.6 Облачность

Рассматриваемые вопросы:

Облака и их классификация

Процессы, приводящие к выпадению осадков из облаков

Эволюция форм облаков

Облачные системы атмосферных фронтов

Влияние облачности на полеты воздушных судов

Наблюдения за облачностью

Средства измерения высоты нижней границы облаков.

Определение высоты нижней границы облаков. Вертикальная видимость.

Критерии для выпуска местных специальных сводок и сводок SPECI

Представление данных в сводках на аэродроме и за его пределы

Кодирование облаков, приоритеты в кодировании облаков

Облака и их классификация

Облаками называются видимое скопление продуктов **конденсации** или **сублимации** водяного пара на некоторой высоте. Из облаков выпадают осадки, в них возникают грозы, они влияют на приток лучистой энергии к деятельной поверхности и тем самым на температурный режим почвы, водоемов и воздуха.

Процессы облакообразования в атмосфере чрезвычайно сложны и многообразны. Возникают они при сложных атмосферных процессах различного масштаба, от молекулярного до макромасштаба. Другими словами, облака - это системы капель воды, кристаллов льда или тех и других элементов, взвешенных в атмосфере на некоторой высоте над земной поверхностью. Они возникают в результате термодинамических процессов, приводящих водяной пар к конденсации и сублимации. По форме, горизонтальной и вертикальной



протяженности облаков можно косвенно судить о причинах облакообразования, о процессах происходящих в облаках, а следовательно об условиях полетов в них.

Облака образуются при следующих **условиях**:

- понижение температуры воздуха ниже **точки росы**. Таким образом, происходит пересыщение воздуха водяным паром;
- наличие в воздухе **ядер конденсации**;
- наличие восходящих вертикальных движений воздуха.

Облака различаются по внешнему виду (морфологическая классификация), характеру процессов облакообразования (генетическая классификация), по микрофизическому строению, т.е. по агрегатному состоянию, виду и размеру облачных частиц и т.д.

В настоящее время для наблюдения за облаками используется международная классификация облаков, разработанная в 1929-1932 годах, облачной комиссией при участии советских метеорологов В.В.Кузнецова, П.А. Молчанова и др. В основу этой классификации был положен **морфологический признак**, то есть внешний вид облаков.

Согласно международной классификации облака по высоте делятся на четыре семейства:

1. Облака верхнего яруса. К ним относятся Ci, Cs, Cs (перистые, перисто-кучевые, перисто-слоистые). Располагаются на высотах более 6 км.
2. Облака среднего яруса. К ним относятся As, As (высококучевые, высокослоистые), их нижняя граница лежит в слое от 2 до 6 км.
3. Облака нижнего яруса. Их нижняя граница расположена от 0 до 2000 метров. К ним относятся Ns, St, Sc (слоисто-дождевые, слоистые, слоисто-кучевые).
4. Облака вертикального развития. К ним относятся Cu, Cb (кучевые, кучево-дождевые). Основание этих облаков располагаются на высоте облаков нижнего яруса, а вершины на высоте облаков среднего или верхнего ярусов.



В зависимости от внешнего вида облака делятся на десять основных форм, а формы подразделяются на виды и разновидности. Такое деление дается в Атласе облаков, а также в «Наставлении гидрометеорологическим станциям и постам» (выпуск 3 часть 1).

Таблица 1 - Сведения об основных формах облаков

Название (русское, латинское)	Мощность, км	Осадки	Просвечивание света, оптические явления
1. Облака верхнего яруса			
1. Перистые Cirrus (Ci)	от 0,1 до неск. км	не достигают земли	просвечивают Солнце, Луна, звезды и небо
2. Перисто-кучевые Cirrocumulus (Cc)	0,2 - 0,4	не выпадают	просвечивают Солнце, Луна, звезды и небо
3. Перисто-слоистые Cirrostratus (Cs)	от 0,1 до неск. км	не достигают земли	яркое явление гало
2. Облака среднего яруса			
4. Высоко-кучевые Alto cumulus (Ac)	0,2 - 0,7	не выпадают, изредка набл. полосы падения	возможно местами просвечивание Солнца и Луны, наблюдаются венцы
5. Высоко-слоистые Altostratus (As)	1 - 2	слабые и умер. осадки, летом не достигают земли	возможно просвечивание Солнца и Луны как сквозь матовое стекло
3. Облака нижнего яруса			
6. Слоисто-кучевые Strato cumulus (Sc)	0,2 - 0,8	как правило, не выпадают	возможно просвечивание Солнца и Луны сквозь тонкие края облаков
7. Слоистые Stratus (St)	0,2 - 0,8	как правило, не выпадают, иногда может выпадать морось, снежные зерна	Солнце и Луна обычно не просвечивают
8. Слоисто- дождевые Nimbostratus (Ns)	до неск. км	обложные осадки	Солнце и Луна не просвечивают, оптические явления отсутствуют
4. Облака вертикального развития			
9. Кучевые Cumulus (Cu)	0,2 - неск. км	обычно не выпадают	Солнце просвечивает по краям облаков
10. Кучево- дождевые Cumulonimbus (Cb)	0,2 - неск. км	ливневые осадки, град, крупная и др., хорошо видны полосы падения	Солнце не просвечивает

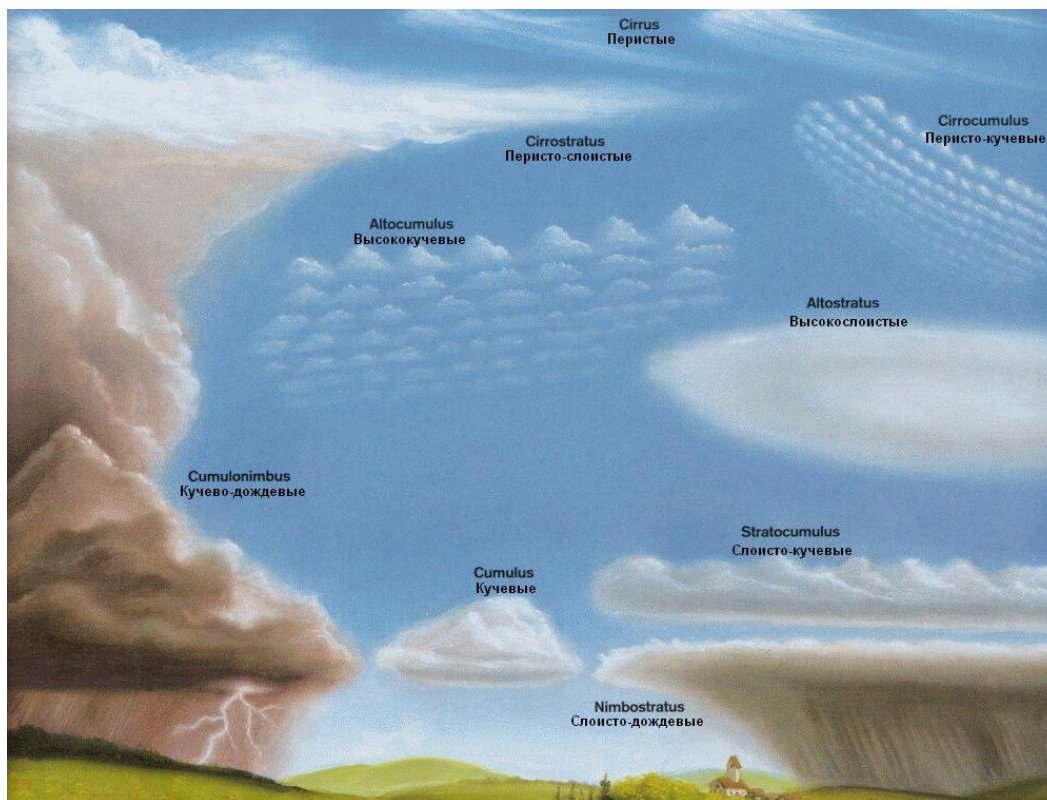


Рисунок 1 - Морфологическая классификация облаков

В зависимости от причин возникновения и условий образования (**генетическая классификация**) все облака разделяются на три класса:

1. Кучевообразные – сильно развитые по вертикали облака, но имеющие сравнительно не большую горизонтальную протяженность. Образуются в результате интенсивных восходящих движений воздуха. К ним относятся Cu, Cb.

2. Волнистообразные – слой облаков, имеющих большую горизонтальную протяженность и вид «барашков», валов или гряд. Образуются в результате волновых движений в атмосфере. К ним относятся облака Sc, As (волнистые), Cs (волнистые).

3. Слоистообразные – слой облаков, имеющих большую горизонтальную протяженность в виде сплошной пелены и превышающей в сотни раз их вертикальные размеры. Образуются в результате медленных восходящих



движений воздуха, чаще над фронтальными поверхностями, но могут быть и внутримассовыми. К ним относятся Ns , St , As , Cs , Si .

По микрофизической структуре облака делятся на три группы: **водяные, ледяные и смешанные.**

Водяные (капельные) облака состоят из капель, при отрицательных температурах – из переохлажденных капель воды. К таким облакам относятся: высоко-слоистые (As), слоисто-кучевые (Sc), слоистые (St), кучевые (Cu).

Размеры водяных капель в облаках различны и колеблются в широких пределах. Мельчайшие капельки, составляющие облака в период их образования, имеют диаметр 0,005 - 0,05 мм (такие же, как в тумане). В процессе развития облака в нем образуются медленно падающие капельки диаметром около 0,05 - 0,2 мм (как морось). В дальнейшем диаметр водяных капель может увеличиваться до 0,5 - 5 мм (дождевые капли). Водяные облака содержат обычно от 100 до 600 капель в 1 см³. Размеры водяных капель в облаках первоначально определяли косвенными методами, в частности по оптическим явлениям, связанным с облаками. О величине капель можно судить по размерам цветных колец (венцов) вокруг светил при наличии просвечивающих облаков. В дальнейшем размеры капель стали определять микрофотографированием.



Ледяные (кристаллические) облака состоят из ледяных кристаллов различных форм и размеров. К ледяным относятся облака верхнего яруса: перистые (Si), перисто-кучевые (Cs), перисто-слоистые (Cs).

Формы и размеры ледяных кристаллов в значительной степени зависят от температуры и относительной влажности воздуха. Основной формой твердого элемента облака является шестигранная призма. Такие элементы называются полными кристаллами. Они образуются в том случае, когда процесс





сублимации происходит медленно и спокойно. При интенсивном процессе сублимации происходит значительный рост ледяных пластинок на выступающих углах. Вследствие этого получаются разнообразные формы шестилучевых звездочек (снежинок).

Смешанные облака состоят как из капель воды, так и из ледяных кристаллов, т.е. по своему строению являются промежуточными между чисто водяными и кристаллическими облаками. К таким облакам относятся: высоко-слоистые (As), слоисто-дождевые (Ns), кучево-дождевые (Cb). Смешанное облако может возникнуть или в результате образования твердой фазы - кристаллов непосредственно в ледяном облаке, либо за счет попадания их в водяное облако извне, например, при выпадении из расположенных выше ледяных облаков. Смешанные облака могут быть смешанными по всей толще или иметь слоистое строение, при котором водяные слои чередуются со смешанными и кристаллическими.

При любой отрицательной температуре встречаются облака в различных агрегатных состояниях. Однако с понижением температуры доля кристаллических облаков возрастает, а доля смешанных убывает.

По внешнему виду кристаллические облака отличаются от капельных большей прозрачностью и волокнистым, как бы растрепанным строением.

По **условиям образования** облака делятся на **внутримассовые**, возникающие внутри однородной воздушной массы, и **фронтальные**, возникновение которых связано с атмосферными фронтами.

Процессы, приводящие к выпадению осадков из облаков

Важной характеристикой облака является водность. *Водностью облака называется количество воды, содержащиеся в 1м³ облака.* Водность мелкокапельных облаков не превышает 1г/м³ чаще всего составляет 0,2-0,4 г/м³.



Водность водяных облаков не превышает $0,02 \text{ г/м}^3$. В центральной части развитых кучевых облаков водность равна 2 г/м^3 , а в кучеводождевых облаках она может достигнуть $4-5 \text{ г/м}^3$. Чем больше водность облака, тем вероятность выпадения осадков увеличивается.

Для выпадения осадков из облаков необходимо, чтобы их скорость падения превышала скорость восходящих движений воздуха. Выпадают из облаков осадки радиусом 2 мм и более.

Чтобы достичь размеров, достаточных для выпадения из облака, частицы облака должны укрупниться. Укрупнение облачных элементов может происходить в результате конденсационного, сублимационного и коагуляционного роста. Конденсационный рост происходит в водяных облаках Cu, St, Sc, Ac. Так St состоит из мельчайших капель воды и в течение 40 минут все капли становятся, одинакового размера за счет конденсационного роста и могут вырасти до капель мороси.

Снежинки образуются в результате сублимации водяного пара на ледяных кристаллах.

Водяные и ледяные облака чаще всего бывают коллоидально-устойчивыми, однако при определенных условиях коллоидальная устойчивость этих облаков нарушается и из них могут выпасть осадки.

К коллоидально-неустойчивым облакам относятся смешанные облака Cb, Ns. Эти облака имеют чаще всего большую вертикальную протяженность. В верхних своих частях они состоят из ледяных кристаллов, а в нижних – из водяных капель. Между уровнем нулевой изотермы и уровнем замерзания находится мощный переходный слой, в котором имеются переохлажденные капли и ледяные кристаллы. Если переохлажденных капель в облаке больше, чем кристаллов льда, то создаются наиболее благоприятные условия для роста кристаллов. Падающие снежинки, попадая в область, занятую водяными каплями, начинают быстро укрупняться за счет переноса на них пара с жидких элементов



облака и падать быстрее. При взаимном соударении они слипаются в крупные хлопья снега. Опускаясь, в слой с положительными температурами снежинки тают и превращаются в крупные капли, выпадающие на земную поверхность в виде дождя.

При отрицательных температурах воздуха в нижнем слое атмосферы осадки из смешанных облаков выпадают в виде снега.

Если кристаллики или снежинки, падающие из верхней части облака попадают в зону с большим содержанием мелких переохлажденных капель, то последние начинают беспорядочно нарастать на них и превращают их в сферокристалл в виде снежной крупы.

В случаи, когда частицы снежной крупы попадают в нижнюю часть облака с большим содержанием крупных переохлажденных капель, образуется ледяная крупа возникновение которой происходит в результате растекания и замерзания переохлажденных капель по поверхности сферокристалла. Ледяная крупа представляет собой переходную форму элемента облака от снежной крупы к граду. Град образуется в наиболее мощных кучеводождевых облаках. Ледяная крупа попадая в мощный восходящий поток поднимается в верхнюю часть облака, где преобладают ледяные кристаллы и снежинки. Здесь поверхность ледяной крупы покрывается непрозрачной оболочкой из мельчайших ледяных кристаллов, что увеличивает ее размеры и превращает в градину. Падая вниз, градина попадает в зону крупных переохлажденных капель воды и покрывается прозрачной ледяной оболочкой. Затем она снова может быть поднята вверх, и процесс повторяется. Такое поднятие и опускание градины совершается несколько раз в зависимости от скорости восходящих потоков, при этом градина может вырасти до больших размеров. Размеры градин бывают различные, чаще всего наблюдаются градины диаметром от 6 до 20 мм. Известны случаи выпадения градин диаметром больше 10 см.



Эволюция форм облаков

Переходные формы облаков. Классификация облаков, даже самая подробная, учитывает только основные формы. Каждое облако претерпевает непрерывную эволюцию, поэтому все выделенные формы облаков, как и все их виды и разновидности, следует считать как наиболее характерным состоянием облака.

Облака сохраняют свою первоначальную форму до тех пор, пока продолжается процесс образования. При изменении этого процесса облака видоизменяются, т.е. находятся в состоянии постоянного развития. При изменении уровня конденсации изменяется высота облаков, а при изменении стратификации атмосферы и содержания влаги в атмосфере изменяется их вертикальная протяженность.

Переходными формами облаков называют промежуточные формы между двумя основными, которые характерны для облаков среднего и верхнего ярусов.

Эволюция облаков верхнего, среднего и нижнего ярусов.

Перистые облака в процессе развития могут переходить в перисто-слоистые, а перисто-слоистые в процессе разрушения теряют форму однородной пелены и превращаются в перистые.

При значительном уплотнении и снижении нижней границы облачности перисто-слоистые облака переходят в высоко-слоистые облака, высокосоистые в слоисто-дождевые, высоко-кучевые облака уплотняясь часто переходят в слоисто-кучевые. Это происходит при снижении инверсионного слоя и увеличении влагосодержания нижних слоев атмосферы. Слоисто-кучевые облака при снижении и утрате четкой волнистой структуры могут перейти в слоистую облачность, а при уплотнении в слоисто-дождевые. Плотная слоисто-дождевая облачность в процессе распада превращается в слоисто-кучевую облачность, а высоко-слоистая в высоко-кучевую.



Облака нижнего яруса, располагающиеся в виде сплошных мощных слоев (St, Sc, Ns), в меньшей мере подвержены эволюции, и переходные формы здесь менее разнообразны, хотя они сохраняются более длительное время.

Эволюция облаков вертикального развития - Cu, Cb.

Причиной возникновения кучевых облаков являются различные виды конвекции. Если уровень конвекции выше уровня конденсации в сравнительно небольшом слое воздуха над уровнем конденсации, образуются кучевые облака хорошей погоды (Cu hum.) или кучевые средние (Cu med.). При отсутствии задерживающего слоя кучевое облако продолжает развиваться по вертикали, приобретая более резкие очертания и превращаясь в мощное кучевое облако с куполообразной вершиной (Cu cong.). Переход кучевой облачности в кучево-дождевую является необратимым процессом, т.к. происходят значительные изменения в начальной структуре кучевых облаков, на базе которых развивается кучево- дождевая облачность.

Так как кучево-дождевая облачность имеет большую вертикальную протяженность (высота основания - в нижнем ярусе, верхняя граница - до тропопаузы), то при распаде возникает множество облаков других форм, находящихся на различных уровнях: $Cb \rightarrow Sc$, $Cb \rightarrow As$, $Cb \rightarrow Ac$, $Cb \rightarrow Cs$, $Cb \rightarrow Cc$, $Cb \rightarrow Ci$, но под влиянием общего разрушения они исчезают вскоре после появления, если нет условий для их дальнейшего развития.

В вечерние часы при ослаблении или прекращении конвекции вершины кучевых облаков растекаются и образуются слоисто-кучевые облака вечерние (Sc vesp). Если развивающиеся кучевые или кучево-дождевые облака встречают на некоторой высоте мощный слой инверсии, то вершины растекаются в горизонтальном направлении, а основания распадаются. При этом под слоем инверсии образуется волнистый облачный покров. В зависимости от высоты инверсионного слоя в нижнем ярусе возникают растекающиеся дневные слоисто-



кучевые облака (Sc diur), а в среднем ярусе высоко-кучевые, образовавшиеся из кучевых (Ac cir).

Облачные системы атмосферных фронтов

Значительной вертикальной и горизонтальной протяженностью характеризуются облачные системы на атмосферных фронтах.

Атмосферный фронт - переходная зона или поверхность раздела между двумя воздушными массами.

Фронтальная поверхность всегда наклонена в сторону холодного воздуха, т.к. давление в холодном воздухе с высотой убывает быстрее, чем в теплом воздухе, поэтому менее плотный теплый воздух натекает на более плотный воздух. Угол наклона фронтальной поверхности к горизонту очень мал и составляет примерно 1° .

По горизонтальной и вертикальной протяженности различают основные - **теплые и холодные** (высокие), вторичные и верхние фронты. Основные атмосферные фронты имеют большую горизонтальную (несколько тысяч км) и вертикальную (несколько км) протяженность, обычно прослеживаются во всей тропосфере, в зоне этих фронтов создаются наиболее сложные метеорологические условия для полетов. Условия полетов в значительной мере определяются формой облаков и особенностями их строения.

Система облаков теплого фронта (рисунок 2) состоит из надфронтальной облачности, формирующейся в теплой воздушной массе и подфронтальных облаков, образующихся в холодной воздушной массе. Облака являются сплошными или расслоенными, вертикальная протяженность значительна, которая увеличивается по мере приближения к линии фронта. Основной частью облачной системы являются высоко-слоистые и слоисто-дождевые облака, из которых выпадают обложные осадки. При удалении от линии фронта облачная



система переходит в перисто-слоистую облачность.

В зимнее время из высоко-слоистых облаков могут выпадать осадки. В летнее время в зоне фронта, особенно вблизи приземной линии фронта развиваются грозы. Предвестниками теплого фронта являются перистые когтевидные облака, которые появляются над пунктом наблюдений за 800-900 км до прохождения линии фронта.

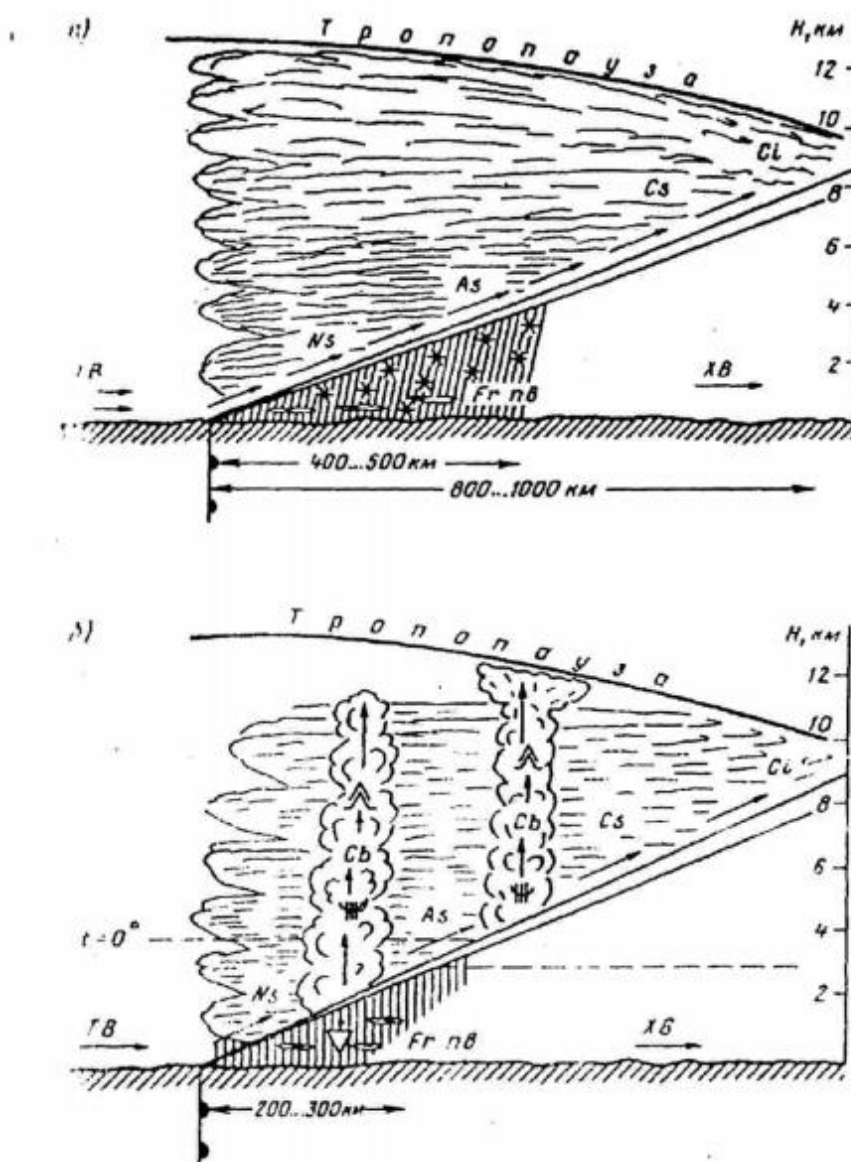


Рисунок 2 - Схема облачности тёплого фронта в холодное (а)
и тёплое время года (б)



На холодных фронтах иная система облачности. Холодный воздух клином подтекает под теплый воздух, вынуждая его подниматься по поверхности раздела. Выделяют два типа холодных фронтов: холодный фронт I рода (рисунок 3) и холодный фронт II рода (рисунок 4). Эти фронты различаются в основном по скорости смещения и по степени устойчивости. Вдоль поверхности холодного фронта I рода наблюдаются восходящие движения воздуха, которые приводят к формированию кучево-дождевых облаков, сопровождающихся ливневыми осадками, грозами и сопутствующими ей явлениями. Облачная система холодного фронта I рода в зимнее время аналогична системе облаков теплого фронта, но является как бы зеркальным ее отражением. Над фронтальными слоисто-дождевыми и высоко-слоистыми облаками являются составной частью облачной системы.

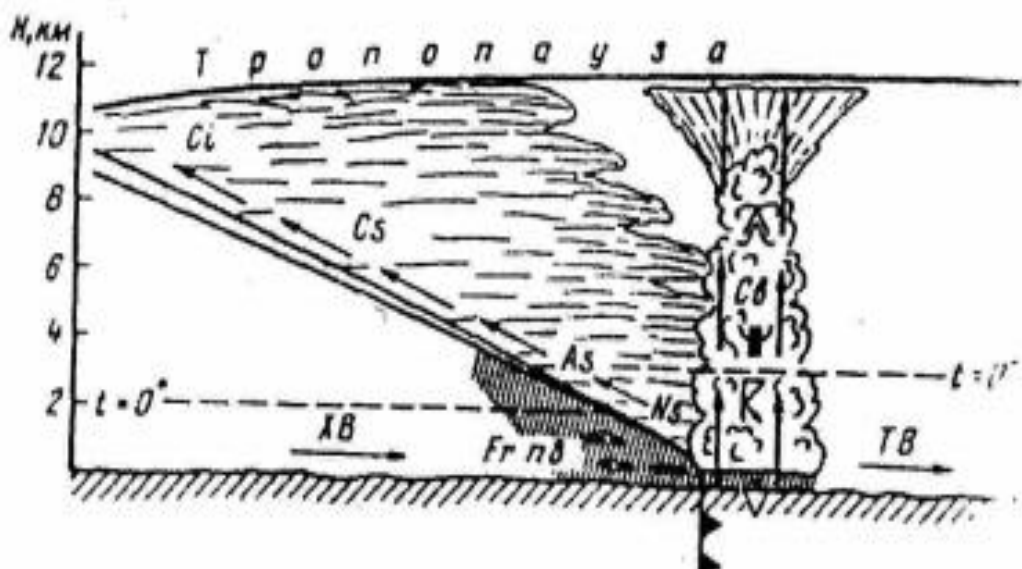


Рисунок 3 - Схема облачности холодного фронта I рода

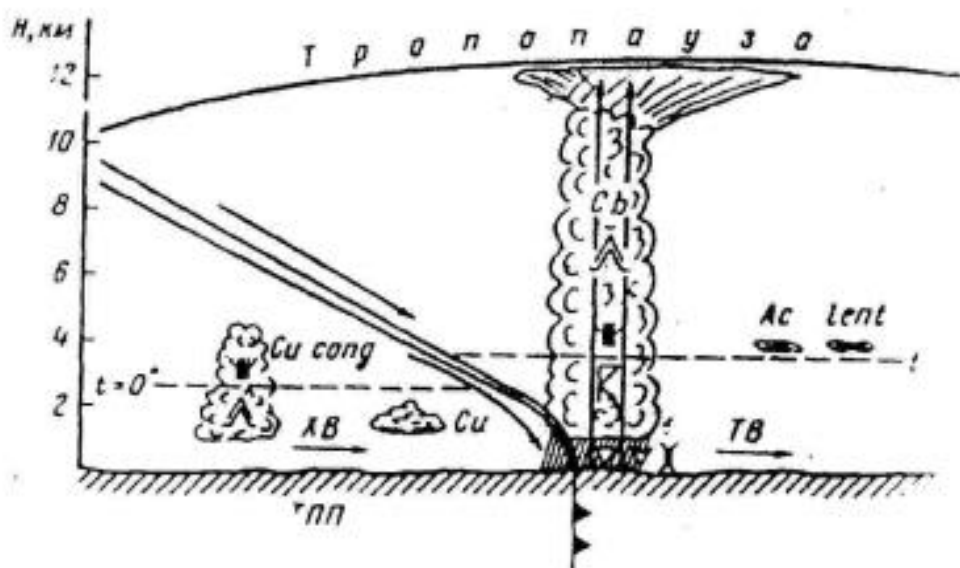


Рисунок 4 - Схема облачности холодного фронта II рода

Холодный фронт второго рода - это быстро движущийся или значительно ускоряющий свое движение холодный фронт. Холодный воздух, двигаясь с большой скоростью, подтекает под теплый воздух и вытесняет его вверх. В результате этого образуются кучево-дождевые облака, которые летом достигают тропопаузы, а иногда и нижних слоев стратосферы. Они сопровождаются грозами, шквалами, смерчами, ливневыми осадками. Верхняя часть этих облаков увлекается общим потоком теплого воздуха и вытягивается перед фронтом в виде высоко-кучевых чечевицеобразных или линзовидных облаков, которые являются предвестниками приближения холодного фронта второго рода. Особенно опасными фронты первого и второго рода бывают в послеполуденные часы (в период максимального прогрева подстилающей поверхности).

При слиянии теплых и холодных фронтов образуются фронты окклюзии. Слияние фронтов происходит в связи с тем, что холодный фронт движется значительно быстрее, чем теплый. При слиянии фронтов происходит сближение облачных систем. Кучево-дождевые облака холодного фронта сливаются со слоистообразными облаками теплого фронта. Теплый воздух при этом



вытесняется вверх, а его место занимают сомкнувшиеся массы холодного воздуха. В зависимости от того, какая температура воздуха наблюдается за фронтом окклюзии, различают теплый и холодный фронт окклюзии.

Если в тыловой части циклона воздушная масса менее холодная, чем в передней части циклона, то образуется теплый фронт окклюзии (рисунок 5), и наоборот, если в тыловой части циклона воздушная масса является более холодной, чем в его передней части, то образуется холодный фронт окклюзии (рисунок 6).

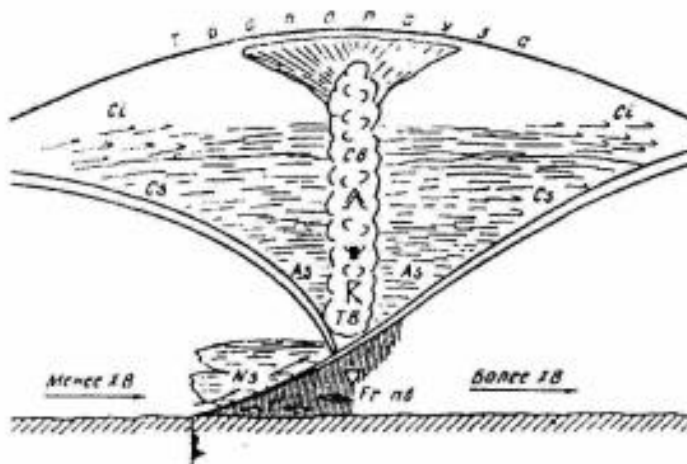


Рисунок 5 - Теплый фронт окклюзии

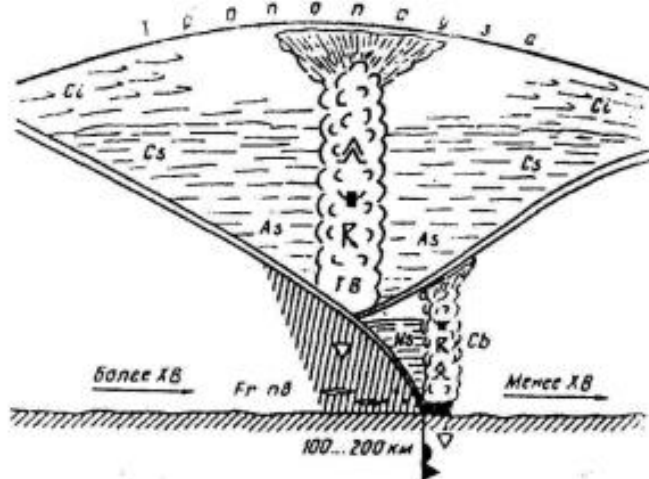


Рисунок 6 - Холодный фронт окклюзии



На теплом фронте окклюзии образуются слоисто-дождевые (иногда слоисто-кучевые), кучево-дождевые облака. Облачная система холодного фронта окклюзии более мощная и опасная, чем облачная система теплого фронта окклюзии, т.к. в ней преобладают кучево-дождевые облака. В этих облаках могут наблюдаться сильная турбулентность, обледенение, грозы, осадки. Для системы фронтов окклюзии характерно наибольшее разнообразие в чередовании форм облаков.

Влияние облачности на полеты воздушных судов

Облачность относится к важнейшим элементам погоды, оказывающим влияние на полеты и деятельность авиации в целом. Облачность является метеорологической характеристикой, которая зачастую определяет возможность взлета и особенно посадки ВС, а также возможность его полета на заданном эшелоне, особенно, когда полет совершается на малых высотах. Облакам сопутствуют такие метеорологические явления, как грозовые явления, смерчи, сильные турбулентность и обледенение, интенсивные осадки, существенно затрудняющие полеты или исключающие их возможность.

В однородных воздушных массах в ряде случаев формируются обширные зоны с низкой облачностью и плохой видимостью, сильно осложняющие взлет, посадку самолетов и полет на малых высотах. Влияние низкой облачности на полеты обусловлено не только расположением ее на небольшой высоте, но и сложным строением. Под слоистыми облаками полет осложняется выпадающими осадками и характером структуры нижней границы облаков. Слоистое облако не имеет резкой нижней границы, что затрудняет определение момента входа в облачность. За несколько минут изменение нижней границы облаков может достигать 50-100 метров на протяжении нескольких километров. Верхняя часть слоистых облаков наиболее плотная. При полете над слоистыми облаками



верхний край их представляется волнистым, но достаточно спокойным. Эти облака создают большую трудность, а иногда и опасную обстановку на последнем, наиболее ответственном 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.

Полет в слоисто-дождевых облаках, связан с возможностью сильного обледенения. В зимнее время в слоисто-дождевых облаках опасность сильного обледенения наблюдается на всех высотах. Особенно опасен полет под высокослоистыми и слоисто-дождевыми облаками навстречу фронту. 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.

Для полётов воздушных судов наибольшие трудности создаются в зоне атмосферных фронтов, которые характеризуются облачными системами значительной вертикальной и горизонтальной протяженности, наличием опасных метеорологических явлений. Наиболее опасные условия для полетов наблюдаются в кучево-дождевых облаках (рисунок 7).

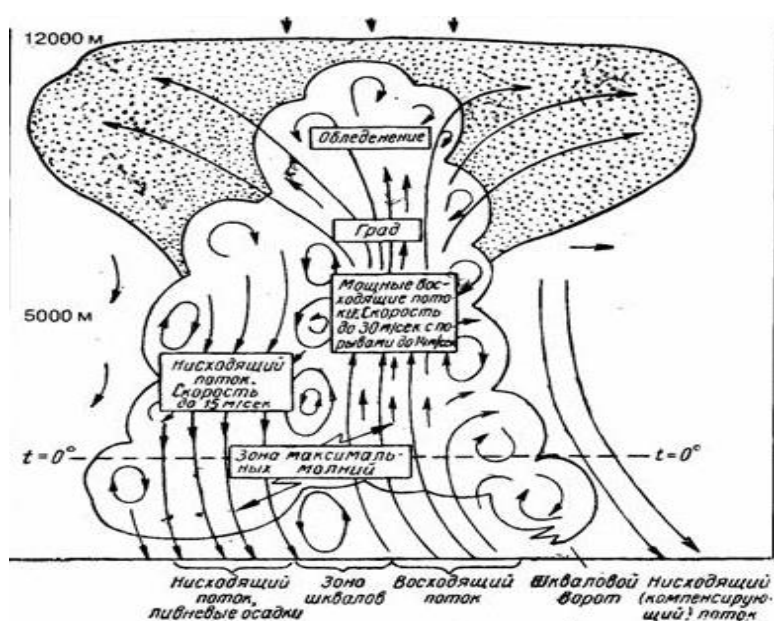


Рисунок 7 - Кучево-дождевое облако в максимальной стадии развития



Горизонтальная протяженность таких облаков колеблется от нескольких километров до нескольких десятков километров. В кучево-дождевых облаках наблюдается сильная турбулентность в виде восходящих и нисходящих струй. Скорость их может достигать 30 м/с и более. К наиболее опасным для авиации явлениям, сопутствующим кучево-дождевым облакам, относятся грозы и связанные с ними метеорологические явления:

1. Интенсивная турбулентность в облаках, способная вызвать сильную болтанку и перегрузку самолета. Наибольшую опасность представляет попадание самолета в зону вертикальных движений в верхней части грозового облака.

2. Сильное обледенение на высотах при большой влажности кучево-дождевых облаков, где температуры ниже 0°C;

3. Возможность поражения ВС молниями. Электрические разряды возникают между облаком и землей, между облаками или между разными частями облака. Самолет может оказаться на пути молнии. Самое опасное при попадании воздушного судна в грозовое облако - потеря управления самолетом, беспорядочное его падение и перегрузки, способные разрушить самолет. Поражение самолета молнией может привести к тяжелому летному происшествию или к катастрофе.

Интенсивная грозовая деятельность, сильная болтанка, тяжелые виды обледенения, 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.

Существенно влияет на эксплуатацию воздушных судов электризация самолетов, поражения самолетов статическим электричеством. Наибольший заряд обычно приобретают облака с большой влажностью. Вероятность возникновения больших зарядов велика в области, ограниченной изотермами 0°C-15°C. Электрический заряд самолета в среднем прямо пропорционален толщине



облачности. В зимний период поражение самолетов электрическими разрядами наблюдается чаще, чем летом. Электризация создает радиопомехи, а также снижает точность показаний радионавигационных приборов.

Облака являются метеорологическим элементом, наблюдения за которыми позволяют летчику правильно оценить метеорологическую обстановку непосредственно во время полета. Отсюда следует, что летный состав должен хорошо знать формы облаков, эволюцию облачности и возможное влияние на выполнение полета.

Наблюдения за облачностью

Для обеспечения авиации информацией об облачности, на сети АМСГ, при наблюдениях определяют количество, форму и высоту нижней границы облаков.

Наблюдения за облачностью следует проводить с такого места, с которого виден весь небосвод, по возможности до горизонта. При метеорологических наблюдениях определяется общее количество облаков всех ярусов, покрывающих небосвод, и количество облаков нижнего яруса. Количество облаков оценивается визуально в октантах (*1 октант – это 1/8 небесного свода*). При полном отсутствии облаков или при наличии облаков, количество которых соответствует менее половины октанта, небо считается ясным. Количество облаков, покрывающих 1/8 часть небосвода, оценивается как 1 октант, 2/8 части небосвода - 2 октанта, 3/8 части небосвода - 3 октанта и т. д. При полном покрытии небосвода облаками количество облачности дается 8 октантов.

Определение количества облаков в темную часть суток надо производить, руководствуясь видимостью звезд, т.е. считая покрытыми облаками те части неба, где звезд не видно. Однако при этом надо иметь в виду, что существуют тонкие облака (например - Ci, Cs), через которые звезды хорошо просвечивают.



Для того чтобы с достаточной достоверностью производить наблюдения за облачностью в темную часть суток, необходимо следить за всеми изменениями облачности, особенно после захода солнца, учитывая, что одни и те же формы облаков в светлое и темное время суток выглядят неодинаково.

Низкие сплошные облака (например - St, Sc и др.) могут быть определены по их освещению наземными источниками света. На нижней поверхности этих облаков бывает хорошо заметно зарево от освещения больших городов, вокзалов, заводов и пр. На облаках среднего яруса, даже плотных, освещения облаков наземными огнями не наблюдается.

Непрерывные, часто очень быстрые изменения облачности и переход одних форм в другие вызывают необходимость следить за образованием, развитием и изменением облачности не только в сроки наблюдений, но и между сроками. Только при этом условии наблюдатель сможет получить ясное представление о происходящих изменениях и правильно определить формы облаков. Важными признаками, помогающими определить принадлежность облака к той или иной форме, являются:

- происхождение и развитие наблюдаемого облака из облаков какой-либо другой формы;
- световые (оптические) явления, наблюдаемые в облаках различных форм (круг вокруг солнца и луны, венцы, столба, гало), и степень прозрачности облаков;
- выпадающие из облаков осадки и их характер.

Во всех видах метеорологических сводок форма облаков указывается только для кучево-дождевых и мощно-кучевых облаков, когда они наблюдаются на аэродроме или в его окрестностях.



Средства измерения высоты нижней границы облаков

Для измерения нижней границы облаков на сети АМСГ (АМЦ) используются автономные приборы, как РВО, ДВО со всеми дальнейшими его модификациями и др., а также датчики облачности входящие в состав автоматизированной метеорологической измерительной системы (АМИС) как СТ25К, СL-31 и др.

Датчик высоты облаков ДВО-2 предназначен для дистанционного измерения высоты нижней границы облаков непосредственно над местом установки передатчика и приемника световых импульсов в любое время суток.

Конструктивно ДВО-2 состоит из блока измерительного, пульта дистанционного, передатчика и приемника от РВО-2М.

Принцип работы ДВО-2 основан на измерении времени прохождения светового импульса от излучателя (передатчика) до нижней границы облака и обратно до приемника. Полученный временной интервал преобразуется в цифровой код и в значение высоты нижней границы облаков (ВНГО).

Передатчик и приемник аналогичны по конструкции и содержат параболические зеркала, закрепленные в карданных подвесах, обогреваемые защитные стекла.

В качестве источника световых импульсов используется строботрон ИСШ-100-3. Мощные световые импульсы излучаются вертикально вверх. Часть отраженного облаком света возвращается к приемнику, где преобразуется фотоэлектронным умножителем в электрические сигналы, которые предварительно усиливаются фотоусилителем и передаются в блок измерительный.

Режим измерения ДВО-2 непрерывный, периодичность зондирования атмосферы один раз в 1,3 с.



Рассмотрим работу датчика высоты облаков ДВО-2, в комплект которого входят блок измерительный БИМК и пульт дистанционный ПДМК.

Диапазон измерения высоты облаков 15...2000м.

Блок измерительный (БИМК) ДВО-2 осуществляет автоматическую обработку результатов измерений – определяет скользящие средние значения ВНГО по 16 измерениям, логическую обработку – исключает случаи кратковременного (1-5секунд) пропадания отраженных от облаков сигналов (разрывы в облаках) и выдает сигналы отсутствия облаков, если из 16 измерений не набирается 8 значащих. Результаты измерений ВНГО выводятся на цифровой индикатор блока измерительного и в линию связи на дистанционный пульт или на вход АМИС.

При отсутствии облачности в течение времени, превышающего 5 минут, датчик переходит в ресурсосберегающий режим измерения, при котором частота вспышек импульсной лампы уменьшается, и устанавливается один раз в 5 с. Это способствует увеличению срока службы импульсной лампы. При первом же измеренном значащем значении ВНГО осуществляется возврат в режим работы с частотой вспышек один раз в 1,3 с.

Для контроля функционирования узлов датчика высоты облаков ДВО -2 предусмотрен режим «Калибровка». Значение калибровки заносится в формуляр и служит для оценки правильности работы датчика.

Пульт дистанционный (ПДМК) ДВО-2 предназначен для дистанционного управления измерительным блоком (включение-выключение блока). Пульт дистанционный имеет встроенный микропроцессор и осуществляет прием данных о высоте нижней границы облаков в цифровом коде от БИМК, обработку полученной информации и отображение результатов измерений ВНГО на встроенном цифровом индикаторе, а также передачу данных в канал RS232C.

В ДВО-2 предусмотрено включение обогрева защитных стекол приемника и передатчика с блока измерительного или пульта дистанционного.



Облакомер СТ25К предназначен для измерения высоты облаков и вертикальной видимости над местом установки датчика.

СТ25К состоит из блока измерения, кожуха и основания (рисунок 8).

Принцип работы облакомера СТ25К основан на измерении времени прохождения атмосферы коротким мощным импульсом от передатчика облакомера до нижней границы облака и обратного отражения до приемника облакомера.

Передатчик и приемник облакомера смонтированы в одном корпусе.

Передатчик зондирующего импульса - это лазер на основе арсенида индия-галлия, приемником (детектором) служит кремниевый лавинный фотодиод.

Облакомер обеспечивает определение высоты нижней границы облаков (вертикальной видимости) в диапазоне от 15 до 7500 м.

Измерения ВНГО проводятся непрерывно. Дискретность выдачи результатов измерения от 15 до 120с.

Облакомер СТ25К способен определить одновременно три уровня облаков и выдать информацию на экран ПЭВМ.

Блок измерения СТ25К включает в себя оптический узел, лазерный передатчик, приемник, оптический монитор, корпус, интерфейс питания линии, батарею бесперебойного питания, узел внутренних нагревателей, датчик угла наклона, внутренние кабели.



Рисунок 8 - Облакомер СТ25К

При измерениях ВНГО на лазерный передатчик поступают импульсы запуска. На каждый импульс запуска передатчик посылает один лазерный импульс в вертикальном направлении. При отражении от облака часть света возвращается обратно и попадает через объектив прибора на кремниевый лавинный фотодиод приемника. Фотодиод преобразует фотоны обратного рассеяния в электрический ток. После необходимых преобразований и обработки, результат измерения передается через линию связи к АМИС или на цифровой дисплей (при работе СТ25К в автономном режиме).

Блок измерения и основание облакомера СТ25К разработаны таким образом, что облакомер может работать и в наклонном положении. Встроенный датчик угла наклона определяет угол отклонения оптической оси облакомера от вертикали с целью точного определения ВНГО. Диапазон изменения угла наклона составляет от -15° до $+90^{\circ}$ С.

Выходное напряжение датчика угла наклона преобразуется в цифровой код аналого-цифровым преобразователем и используется для автоматической коррекции значений ВНГО.

В СТ25К имеется узел внутренних нагревателей, предназначенный для повышения температуры в районе оптического узла, для предотвращения



запотевания оптики и образования конденсата. Он состоит из двух резисторов высокой тепловой производительности. Температурные переключатели управляют продолжительностью нагревания и защищают систему от перенагревания.

В кожухе облакомера расположен оконный кондиционер, который состоит из вентилятора, нагревательных элементов и датчика температуры. Поток воздуха от вентилятора достаточен для очистки окна измерительного блока от капель воды, снега, пыли и других частиц. Нагреватель и вентилятор включаются автоматически при обнаружении на поверхности окна загрязнения, капелек воды или пыли.

Программное обеспечение СТ25К содержит команды для проверки состояния системы, правильности работы облакомера, обнаружения сообщений предупреждений или аварий.

Определение высоты нижней границы облаков.

Вертикальная видимость

На аэродромах с оборудованной ВПП измеритель высоты нижней границы облаков размещается на расстоянии 850 - 1200 м от порога ВПП для использования в местные регулярные и специальные сводки, в которых включаются данные наблюдений за облачностью репрезентативные для зоны захода на посадку. При невозможности такого размещения измеритель высоты нижней границы облаков размещается ближе к порогу ВПП.

На аэродромах с необорудованной ВПП используются местные регулярные и специальные сводки, в которые включаются данные наблюдений за облачностью, репрезентативные для аэродрома.

При определении высоты облаков в районе БПРМ, расположенном выше или ниже порога ВПП более чем на 10 метров, в измеренное значение вводится



поправка на разность высот. Поправка вычитается, если БПРМ находится ниже, и прибавляется, если БПРМ находится выше порога ВПП.

Определение высоты нижней границы облаков производится только для облаков нижнего яруса и облаков вертикального развития. Нижняя граница облаков чаще всего бывает неровной, возможно также сочетание нескольких слоев облаков, расположенных на разных уровнях. Во всех случаях определяется высота нижней границы самых низко расположенных облаков.

При отсутствии инструментальных средств, а также в случаях, когда в слое облачности имеются значительные разрывы (т.е. при незначительной или рассеянной облачности), и ее высота не может быть измерена, она оценивается по данным экипажей воздушных судов или визуально. При тумане или осадках, когда высоту облаков измерить невозможно, с помощью прибора определяется вертикальная видимость, которая отождествляется с высотой нижней границы облаков и включается в сводку. Данные о высоте нижней границы облаков или вертикальной видимости передаются в метрах (в некоторых странах в футах).

При визуальном определении высоты нижней границы облаков точность наблюдений зависит от опытности наблюдателя. Умение оценивать высоту облаков визуально достигается путем многократного сравнения глазомерных оценок с результатами измерений. При глазомерной оценке высоты наблюдатель смотрит невооруженным глазом на нижнюю поверхность облака и выбрав на нем рельефный, выделяющийся на общем фоне участок или точку, определяет высоту этого участка облака. Полезно переводить глаз с наблюдаемого облака на предметы, расстояния до которых известны, и определять высоту путем сравнения ее с этими известными расстояниями. Более надежны глазомерные определения высоты облаков в тех случаях, когда имеются подходящие ориентиры на местности. Так, например, если вблизи пункта наблюдения имеются возвышенности, высокие здания, радиомачты и т.п., то о высоте облаков можно судить по закрытию верхней части этих предметов.



При отсутствии инструментальных измерений, высоту нижней границы облаков, образование которых обусловлено турбулентным обменом (например St, Sc, St fr), можно рассчитать по формулам, где исходными данными являются температура воздуха у поверхности земли, температура точки росы и относительная влажность воздуха.

1) $h = 122 * (t - t_d)$,

где h – высота нижней границы облаков, t – температура воздуха, t_d – температура точки росы. Отклонение от фактического значения составляет ± 100 м.

2) формула Лайхтмана $h = A(B - \lg f)$,

где h – высота нижней границы облаков, A и B – постоянные, среднее значение которых составляет $A=5250$, $B=2,028$, f – относительная влажность воздуха. Отклонения от фактического значения составляет 10-20 %),

3) формула Ипполитова $h = 22 (100 - f)$,

где f – относительная влажность воздуха. Отклонения от фактического значения составляет 10-20 %.

Для облаков Cu и Cb в результате вычислений значения высоты получаются с большей ошибкой. Основание фронтальных облаков As, Ns зависит от расположения поверхности фронтального раздела и не может быть вычислено по приведенным выше формулам.

Критерии для выпуска местных специальных сводок и сводок SPECI

При изменении высоты нижней границы и количества облачности до опасных для авиации критериев по результатам наблюдений составляются местные специальные сводки и сводки SPECI. Критерии для выпуска местных специальных сводок и сводок SPECI устанавливаются для каждого аэродрома



полномочным метеорологическим органом по согласованию с соответствующим органом ОВД и утверждаются главным оператором аэродрома.

Перечень критериев для выпуска местных специальных сводок и сводок SPECI должны быть отражены в Инструкции по метеорологическому обеспечению полетов данного аэродрома.

Согласно Федеральным авиационным правилам "Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов" местные специальные сводки и сводки SPECI по облачности выпускаются в случаях, когда:

1) высота нижней границы нижнего слоя значительной (BKN) или сплошной (OVC) облачности достигается одного или нескольких из следующих значений:

- 30, 60 м, 150 м или 300 м;
- 450 м в случае выполнения значительного числа полетов по ПВП;

2) если количество облаков в слое ниже 450 м изменяется;

а) от NSC, FEW, SCT до BKN или OVC;

б) от OVC, BKN до SCT, FEW или NSC;

3) небо закрыто и вертикальная видимость достигается одного или нескольких из следующих значений:

- 30 м, 60 м, 150 м или 300 м;

4) в случаях, согласованных между аэродромным метеорологическим органом, осуществляющим наблюдения за метеорологическими параметрами на аэродроме, вертодроме или посадочной площадке, и органом ОВД.

Представление данных в сводках на аэродроме и за его пределы

Информация об облачности в сводках METAR, SPECI должна быть репрезентативной для аэродрома и для его окрестности. В сводки METAR, SPECI



включаются данные о количестве, типе и высоте нижней границы облачности, значимой для полетов, т. е. облачности с высотой нижней границы ниже 1500 метров или ниже верхнего предела минимальной высоты в секторе, в зависимости от того, какая величина больше, или наличия кучево-дождевых или мощных кучевых облаков на любой высоте.

Данные наблюдений за облачностью включают информацию о количестве, виде и высоте нижней границы облаков.

В местных регулярных и специальных сводках и сводках METAR и SPECI:

1) количество облаков передается с использованием сокращений FEW (1-2 октанта), SCT (3-4 октанта), BKN (5-7 октантов), OVC (8 октантов);

2) высота нижней границы облаков включается:

- в сводки METAR и SPECI - в величинах, кратных 30 м до высоты 3000 м;
- в местные регулярные и специальные сводки - в величинах, кратных 10 м до высоты 90 м, и кратных 30 м - от 90 м и выше;

3) Вид облаков следует указывать только для кучево-дождевых и мощных кучевых облаков, когда они наблюдаются на аэродроме или в его окрестностях. Облака указываются с помощью сокращений CB и TCU соответственно.

В случаях, когда определение состояния неба невозможно, вместо наблюдений за количеством, видом и высотой нижней границы облачности ведутся наблюдения и сообщаются данные о вертикальной видимости.

Вертикальная видимость сообщается до высоты 600 м:

- в сводках METAR и SPECI - в величинах, кратных 30 м;
- в местных регулярных и специальных сводках - в величинах, кратных 10 м до высоты 90 м, и кратных 30 - от 90 м и выше.



Кодирование облаков, приоритеты в кодировании облаков

Облачность кодируется в виде:

группы $\left\{ \begin{array}{l} N_s N_s N_s h_s h_s h_s \text{ или} \\ VV h_s h_s h_s \text{ или} \\ NSC \text{ или} \\ NCD \end{array} \right.$

$N_s N_s N_s h_s h_s h_s$ - количество и высота облаков в различных слоях или массах облачности.

$N_s N_s N_s$ – количество облаков в слое (массиве). Кодировается трехбуквенными сокращениями:

FEW (несколько) -1-2 октанта

SCT (разбросанные) - 3-4 октанта

BKN (значительные) - 5-7 октанта

OVC (сплошные) – 8 октантов

NSC - нет значимой для полетов облачности.

$h_s h_s h_s$ - высота нижней границы слоя облаков. Сообщается с интервалом, кратным 30 м;

кодовая цифра	высота в метрах	кодовая цифра	высота в метрах
000	Менее 30	009	270
001	30	010	300
002	60	011	330
003	90	и т.д.	и т. д.
004	120	099	2 970
005	150	100	3 000
006	180	110	3 300
007	210	120	3 600
008	240	и т.д.	и т. д.



Если высота находится между двумя значениями, то при кодировании используют цифры кода, соответствующие меньшему значению из этих двух высот (например, если высота 170м, то она кодируется 005)

На горных аэродромах, если основание облачного слоя находится ниже уровня аэродрома, **hs hs hs** кодируется ///.

Пример – SCT/// BKN///CB

Если состояние неба не определяется, например, не видно из-за тумана и/или других явлений, вместо группы **NsNsNshshshs** передается группа **VVhshshs**.

VV –буквенный указатель группы, **h_s h_s h_s** – вертикальная видимость

Пример – VV003 (вертикальная видимость составляет девяносто метров)

Когда небо закрыто и нет информации о вертикальной видимости, то группа сообщается в виде **VV///**.

Форма облачности, кроме кучево-дождевой или мощной кучевой облачности (CB или TCU), в сводки METAR/SPECI не включается. Буквенные сокращения CB или TCU дополняются к группе **NsNsNshshshs** без интервала.

В тех случаях, когда наблюдается несколько слоев облаков или отдельных массивов облаков, количество и высота нижней границы облаков указывается в порядке возрастания высоты нижней границы облаков:

- самый низкий слой или массив, независимо от количества облаков, указывается, по обстоятельствам, сокращениями FEW, SCT, BKN или OVC;
- следующий слой или массив, покрывающий более 2/8 небосвода, указывается, по обстоятельствам, сокращениями SCT, BKN или OVC;
- следующий, более высокий слой или массив, покрывающий более 4/8 небосвода, указывается, по обстоятельствам, сокращениями BKN или OVC.

Количество групп облачности, как правило, не превышает трех.



В том случае, когда кучево-дождевые (CB) или мощные кучевые облака большой вертикальной протяженности (TCU) наблюдаются, но они не были сообщены в группах, указанных выше, включается дополнительная группа облачности. Буквенные сокращения CB или TCU дополняются к группе NsNsNshshshs без интервала.

Пример – FEW005 FEW010CB SCT018 BKN025

В случае, если отдельный облачный слой (массив) облаков состоит из CB и TCU с общей нижней границей, тип облаков указывается только как CB, а количество облаков кодируется как общее количество CB и TCU.

Когда нижняя граница облаков размыта, разорвана или быстро меняется, в сводке указывается минимальная высота нижней границы облаков.

Если нет облаков ниже 1 500 м (5 000 футов) или ниже верхнего предела минимальной высоты в секторе, в зависимости от того, какая величина больше, отсутствуют кучево-дождевые и кучевые мощные облака, и нет ограничений по вертикальной видимости, а сокращение CAVOK не подходит, то используется сокращение NSC.

В автоматических сводках METAR/SPECI AUTO:

– в том случае, когда наблюдение за типом облачности с помощью автоматической системы осуществить невозможно, вместо группы типа облачности в каждой группе указывается знаком ///.

Пример – BKN025///

В сводках METAR AUTO и SPECI AUTO:

– сокращение **NCD** используется в том случае, когда автоматическая система наблюдения облаков не обнаруживает;

– символы /// используются в зависимости от количества знаков для параметров облачности в группе кода в тех случаях, когда автоматической



системой наблюдения невозможно определить количество и/или высоту нижней границы облаков, и/или тип облачности.

Примеры:

OVC///

///015

/////

/////CB

BKN025///

Инструментальные данные высоты облаков (вертикальная видимость) при значениях ниже минимума аэродрома в сводках METAR и SPECI сообщается группа QBB в разделе RMK.

Высота нижней границы облаков (вертикальной видимости) в группе QBB сообщается в величинах, кратных 10 м. Две группы QBB в сводках не включаются.

Пример – высота облаков 80 м кодируется как: QBB080.

Необходимая для производства полетов воздушных судов информация о закрытии гор и/или препятствий для включения в сводки METAR, SPECI согласовывается с органами ОВД с указанием в инструкции по метеорологическому обеспечению на аэродроме и сообщается в разделе RMK в форме:

MT OBSC - горы закрыты;

MAST OBSC - мачты закрыты;

OBST OBSC - препятствия закрыты.



Задача 1.

В районе БПРМ измерена ВНГО=220 м. Определить истинную высоту НГО с учетом поправок, если известно, что высота БПРМ = 410,5 м, высота порога ВПП = 390,5 м над уровнем моря.

Решение: $410,5 - 390,5 = 20\text{м.}$

Поправка вычитается, если БПРМ находится ниже порога ВПП, и прибавляется, если БПРМ находится выше порога ВПП.

Следовательно, ВНГО на БПРМ $220 + 20 = 240\text{м}$

Ответ: Истинная ВНГО=240 метров

Задача 2.

В районе БПРМ измерена ВНГО=200 м. Определить истинную высоту НГО с учетом поправок, если известно, что высота БПРМ = 360,3 м, высота порога ВПП = 350,3 м над уровнем моря.

Решение: $360,3 - 350,3 = 10\text{м,}$ следовательно, НГО на БПРМ 200м, поправка не вводится, т.к. БПРМ расположен НЕ более 10м выше уровня ВПП.

Ответ: Истинная ВНГО=200 метров