

Романенко А.И.

*Московский государственный университет технологий и управления
им. К.Г.Разумовского, к.т.н.*

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И ВЛИЯНИЯ ПОЛЯ ОБЛАЧНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВИАЦИИ

Облака – это скопления взвешенных в атмосфере капель воды и (или) ледяных кристаллов, возникших в результате конденсации (сублимации) водяного пара. Первичные капли воды образуются на ядрах конденсации, когда атмосфера насыщена водяным паром либо приближается к состоянию насыщения, т.е. при относительной влажности, близкой к 100%. Дальнейший рост капель происходит вследствие осаждения водяного пара на образовавшихся каплях или ледяных кристаллах и слияния капель при столкновении. Из-за сопротивления воздуха элементы облаков находятся во взвешенном состоянии и переносятся воздушными течениями на значительные расстояния. В тех случаях, когда капли или кристаллы увеличиваются и становятся тяжелее, они, преодолевая сопротивление воздуха, выпадают из облаков в виде осадков [1, 15, 20].

Облака состоят чаще всего из капель радиусом 2 – 7 мкм, капли сравнительно редко имеют радиус 70 – 100 мкм. В облаках, имеющих значительную вертикальную мощность, а также с мощными вертикальными движениями (слоисто-дождевые, мощные кучевые и кучево-дождевые) могут образоваться более крупные капли радиусом несколько миллиметров. Такие капли, преодолевая восходящие потоки воздуха, выпадают на землю в виде обложного или ливневого дождя.

В атмосфере часто наблюдаются капельно-жидкие облака при отрицательных температурах вплоть до $-30 - -40^{\circ}\text{C}$. Сравнительно редко переохлажденные облака наблюдаются при более низких температурах.

Отмечены случаи обледенения самолетов на больших высотах при температурах воздуха -50 – -60°C , что подтверждает присутствие переохлажденных капель при столь низких температурах.

Непосредственной причиной конденсации водяного пара и образования облаков является охлаждение воздуха, которое происходит чаще всего при его подъеме.

Интенсивность вертикальных движений зависит от степени устойчивости атмосферы. При неустойчивом состоянии создаются благоприятные условия для восходящих движений, и, наоборот, при устойчивом состоянии атмосферы вертикальные движения затруднены.

В зависимости от физических процессов, развивающихся в атмосфере, образуются различные по внешнему виду и внутреннему строению облака. Из всего многообразия выделяют три основные формы облаков:

кучевообразные облака, представляющие, как правило, отдельные облачные массы, развивающиеся в вертикальном направлении и растекающиеся по горизонтали во время их разрушения;

волнистообразные облака, распространяющиеся в основном в горизонтальном направлении и представляющие собой отдельные пластины, волокна, барашки, чешуйки или хлопья либо сплошной облачный слой, нижняя поверхность которого имеет волнистое строение;

слоистообразные облака, имеющие вид сплошного, сравнительно ровного и однообразного облачного покрова.

В зависимости от высоты нижней границы облаков их относят к одному из трех ярусов – верхнему, среднему или нижнему.

Отдельно выделяют облака вертикального развития, основание которых обычно находится в нижнем ярусе, а вершина может достигать среднего и даже верхнего яруса.

Облака верхнего яруса: перистые, перисто-слоистые и перисто-кучевые, занимающие верхнюю половину тропосферы, состоят из мелких ледяных кристаллов размером $0,1$ – $0,01$ мм. В большинстве случаев

перистые и перисто-кучевые облака имеют небольшую толщину (всего несколько сотен метров), сквозь них хорошо видны Солнце, Луна, звезды; видимость наземных ориентиров удовлетворительная. Перисто-слоистые облака имеют значительно большую мощность по вертикали и нередко занимают всю верхнюю часть тропосферы. Сквозь такие облака также хорошо видны Солнце, Луна и крупные звезды; наземные ориентиры сквозь них либо совсем не видны, либо плохо просматриваются, однако наземные огни ночью, особенно в крупных населенных пунктах, видны хорошо. Вокруг Солнца и Луны в перисто-слоистых облаках часто образуются гало. Горизонтальная видимость в перистых облаках может быть только несколько сотен метров.

Высота облаков верхнего яруса зависит от географической широты: в высоких широтах они располагаются на более низких высотах, а в южных широтах – на более высоких. Например, в Арктике они наблюдаются на высотах 3 – 8 км, в умеренных широтах – 5 – 13 км, в тропиках – 6 – 18 км. Сравнительно редко облака верхнего яруса проникают в слой тропопаузы и в нижние слои стратосферы. Верхняя граница облаков верхнего яруса тем выше, чем выше тропопауза, и чаще всего располагается на 1 – 2 км ниже тропопаузы. Над европейской частью РФ нижняя граница этих облаков в среднем располагается на высоте 6 – 7 км, а верхняя – на высоте 8 – 10 км. На хорошо выраженных теплых фронтах эти облака могут простираться до высоты 10 – 12 км. Над территорией РФ максимальная высота верхней границы облаков верхнего яруса отмечена на уровне 15 км. Высоты верхней границы этих облаков больше летом и в южных районах РФ, а меньше – зимой и в северных районах. Толщина перистых облаков в течение года в одних и тех же районах изменяется незначительно. Наиболее часто перистые облака наблюдаются при температурах $-28 - -38^{\circ}\text{C}$ летом, $-37 - -42^{\circ}\text{C}$ зимой и $-40 - -45^{\circ}\text{C}$ в переходные сезоны. До 10% перистых облаков проникает в стратосферу, причем в большинстве случаев это неплотные, рассеянные облака, образовавшиеся в высокой тропосфере низких широт и перенесенные

ветром в стратосферу более высоких широт [1, 15, 20].

Перисто-слоистые облака могут оказывать влияние на полеты и выполнение некоторых задач авиацией, так как иногда они занимают огромные площади, простираются по вертикали до 5 – 7 км и видимость в них может ухудшаться до 100 м и менее.

Облака среднего яруса: высококучевые и высокослоистые – располагаются в средней части тропосферы. Высоты, на которых наблюдаются облака среднего яруса, зависят от географической широты. Высококучевые облака обычно состоят из мельчайших капелек воды, как при положительных, так и при отрицательных температурах и не дают осадков. Высокослоистые облака состоят из капелек воды или из смеси капель и кристаллов льда. В холодную половину года из них иногда выпадают осадки в виде слабого снега. Эти облака часто распространяются в верхнюю тропосферу, их верхняя часть по своему строению ничем не отличается от перисто-слоистых облаков.

Различают плотные высококучевые и высокослоистые облака, сквозь которые Солнце и Луна не просвечиваются, и менее плотные, просвечивающие облака, сквозь которые более или менее ясно видны очертания Солнца и Луны.

Вертикальная мощность высококучевых облаков обычно невелика – несколько сотен метров, и лишь плотные высококучевые облака бывают толщиной 1 – 2 км. Толщина высокослоистых облаков может достигать нескольких километров, т. е. эти облака могут занимать большую часть среднего слоя тропосферы и даже распространяться до верхних слоев тропосферы, переходя постепенно в перисто-слоистые облака.

Видимость внутри облаков среднего яруса, как и внутри облаков других ярусов, зависит от количества, и размера облачных элементов (капель воды и снежинок). В ледяных облаках видимость достигает нескольких сотен метров, а в облаках, состоящих из капель воды, она может понижаться до нескольких десятков метров.

Из указанных выше характеристик видно, что большее влияние на усложнение полетов авиации могут оказывать высокостроистые облака.

Облака нижнего яруса: слоисто-кучевые, слоистые и слоисто-дождевые, располагаются в слое от поверхности земли до высоты 2 км.

Слоисто-кучевые облака имеют ячеисто-волнистый вид. Они состоят из капель воды более или менее одинаковых размеров и имеют толщину от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Сравнительно редко их вертикальная мощность достигает 1 – 2 км. Они обычно не дают осадков. Лишь в переходные сезоны года и зимой из них иногда выпадает слабая морось или мелкие снежинки. Высоты слоисто-кучевых облаков над поверхностью земли чаще колеблются от 600 до 1500 м летом и от 300 до 600 м зимой. Разновидности слоисто-кучевых облаков: просвечивающиеся – с просветами, непро-свечивающиеся – волнистые.

Слоистые облака более характерны для холодного времени года и имеют вид сплошной серой пелены с достаточно однородным основанием, в большинстве случаев состоят из однородных капель, однако в них кроме капель могут быть и кристаллы льда. Толщина этих облаков колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров и редко превышает 600 м. Высоты их нижней границы по сравнению с высотами других облаков наиболее низкие – 100 – 300 м, и часто они бывают ниже 100 м.

Иногда из слоистых облаков выпадают слабые осадки в виде мороси, а зимой – в виде мелких снежинок, ледяных игл или снежных зерен. Разновидности слоистых облаков – непросвечивающиеся (плотные), просвечивающиеся и волнистые облака. При слоистых облаках и соответствующей видимости создаются условия для полетов при минимумах погоды, установленных летному составу.

Слоисто-дождевые облака наблюдаются обычно на атмосферных фронтах, имеют вид серого, часто мрачного, облачного покрова. Они состоят из разнородных элементов: нижняя часть – из капель воды, а в холодную половину года – из капель и снежинок, а верхняя – из смеси мельчайших

капель и ледяных кристаллов. Вертикальная мощность слоисто-дождевых облаков составляет несколько километров (2 – 6 км), они нередко бывают сплошными от нижней тропосферы до тропопаузы. Иногда в этих облаках наблюдаются безоблачные прослойки. По горизонтали слоисто-дождевые облака простираются на сотни километров. При выпадении осадков под ними часто образуются низкие разорванные облака, отделенные от основного слоя или сливающиеся с ним.

Из слоисто-дождевых облаков выпадают продолжительные обложные осадки в виде дождя в теплую половину года и в виде снега – в холодную. Разновидностей эти облака не имеют.

Облака вертикального развития: кучевые, мощные кучевые и кучево-дождевые – более характерны для теплого периода года. Основания этих облаков располагаются обычно на высотах ниже 2000 м (от 300 – 600 м до 1500 – 2500 м), а вершины могут проникать в верхнюю тропосферу вплоть до тропопаузы. При более высоких температурах воздуха выше и нижняя граница облаков.

Кучевые облака хорошей погоды состоят из капель воды. Их вертикальная мощность колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров, осадки из них не выпадают. Они имеют резкие очертания и по форме напоминают бугры и купола.

Кучевые облака могут перерасти в мощные кучевые облака с вертикальной мощностью до 2 – 5 км, имеющие вид высоких башен.

При благоприятных условиях мощные кучевые облака развиваются в кучево-дождевые, имеющие вид гор и башен. Нижняя часть их летом обычно состоит из капель воды, средняя – из капель воды, снежинок и градин, а верхняя, располагающаяся в верхней тропосфере, – из кристаллов льда и небольшого количества мелких переохлажденных капель воды. При наличии мощных восходящих движений внутри кучево-дождевого облака градины проникают и в верхнюю его часть. Их основания обычно ниже 2 км, а верхняя граница может достигать, особенно в южных районах, 13 – 15 км.

Кучево-дождевые облака могут быть в виде отдельных облаков или непрерывной цепи (как правило, на атмосферных фронтах).

Из кучево-дождевых облаков выпадают ливневые осадки, иногда очень сильные, нередко сопровождающиеся грозами, градом и шквалами, опасными для авиации.

Высоты облаков нижнего яруса и облаков вертикального развития в течение года значительно изменяются, причем в меньшей степени зимой и в большей – весной, летом и осенью.

Наряду с годовым ходом наблюдается и суточный ход высоты облаков нижнего яруса. Чаще всего высота основания облаков ниже в период от восхода Солнца до 11 – 12 часов местного времени и самая большая – во вторую половину дня. При этом амплитуда колебаний высоты нижней границы облаков (ВНГО) больше летом и меньше зимой.

Данные измерений ВНГО нижнего яруса показывают, что их нижний слой имеет сложное строение и находится в непрерывном и сложном колебательном движении. В этом переходном слое с увеличением высоты постепенно возрастает плотность продуктов конденсации и ухудшается видимость. В полете за нижнее основание облаков принимают высоту, на которой летчик перестает отчетливо видеть горизонт, хотя наземные ориентиры (предметы) и просматриваются. Наиболее значительные изменения ВНГО (на 50 – 100 м и более) характерны для слоистых облаков. При этом резкие колебания высоты облаков наблюдаются не только на небольших расстояниях в данный момент времени (например, в разных частях взлетно-посадочной полосы), но и в течение небольших промежутков времени в одной и той же точке пространства, измеряемых минутами.

Особенно быстрые изменения ВНГО происходят в тех случаях, когда под основным слоем располагаются отдельные разорванно-слоистые облака, которые могут периодически то исчезать, то появляться.

Наиболее низкие слоистые облака образуются при слабых ветрах в относительно теплом и влажном воздухе, перемещающемся над более

холодной подстилающей поверхностью. Видимость под такими облаками обычно бывает менее 4 км.

Когда относительно теплый и влажный воздух движется над более холодной подстилающей поверхностью с большой скоростью, в приземном слое, вследствие интенсивного турбулентного перемешивания, образуются тонкие слоисто-кучевые облака с более ровной нижней границей и на большей высоте (выше 300 м). Видимость под такими облаками чаще всего бывает более 4 км.

Малые высоты облаков часто наблюдаются на атмосферных фронтах, где под основным слоем фронтальных облаков в зоне осадков на высотах 50 – 200 м образуются разорванно-дождевые облака.

Учитывая большую изменчивость высоты облаков, как во времени, так и в пространстве, их высоты до 2000 м на аэродромах измеряются инструментально, не только на метеорологической площадке, но и на СКП, БПРМ и ДПРМ.

Видимость в облаках колеблется в значительных пределах и зависит от концентрации частиц (капель, кристаллов льда или тех и других вместе), их размера, условий освещенности облаков. В общем, она значительно хуже в облаках, состоящих из капелек воды, и лучше в кристаллических облаках. Так, например, в кучевых облаках хорошей погоды видимость в среднем равна 30 – 40 м, в мощных кучевых – 25 – 30 м. В кучево-дождевых облаках видимость сильно меняется по вертикали и, кроме того, зависит от стадии развития данного облака. В нижней и средней частях развивающегося кучево-дождевого облака обычно наблюдается наименьшая видимость, не превышающая 10 – 20 м. В верхней части кучево-дождевого облака, состоящей преимущественно из кристаллов льда, видимость может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен метров. В разрушающемся кучево-дождевом облаке условия видимости могут быть несколько лучше. Условия видимости в слоисто-дождевых облаках мало отличаются от условий видимости в кучево-дождевых облаках, особенно

когда эти облака находятся в стадии развития. В слоисто-дождевых облаках, из которых выпадают осадки, видимость бывает от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Видимость в слоистых и слоисто-кучевых облаках с увеличением высоты меняется. Так, например, в верхней части таких облаков горизонтальная видимость наименьшая – приблизительно 30 м, в средней – 40 – 60 м и в нижней – 80 – 100 м. В тонких, просвечивающих слоисто-кучевых облаках видимость в среднем составляет 70 – 80 м. В плотных слоисто-кучевых облаках она колеблется от 30 до 50 м.

Все рассмотренные выше формы облаков можно разделить на две большие группы. К первой группе относятся облака, состоящие из довольно однородных элементов, т.е. из капель воды или из кристаллов льда (облака верхнего яруса, кучевые, слоистые и слоисто-кучевые облака). Ко второй группе относятся облака, состоящие из разнородных элементов, т.е. из капель воды и кристаллов льда (кучево-дождевые и слоисто-дождевые облака). Такие облака называются смешанными.

Одной из характерных черт облаков, имеющей большое значение для оценки интенсивности обледенения, является водность – количество воды в капельно-жидком и твердом состоянии в единице объема воздуха. Водность облаков, состоящих из кристаллов льда, невелика и колеблется от 0,1 до 0,01 г на 1 м³, а водность облаков, состоящих из капель воды, значительно больше – от 0,2 до 5 г на 1 м³. Наибольшую водность имеют кучево-дождевые облака.

Облака, возникающие внутри воздушных масс, называются внутримассовыми, а облака, образующиеся на атмосферных фронтах, – фронтальными. Облака, возникающие над горами при перетекании воздушными потоками препятствий, называются орографическими.

Важной характеристикой облачности является ее количество, т.е. степень покрытия неба облаками. Количество облаков определяется визуально в баллах: 10 баллов означает, что небо полностью закрыто облачностью, 5 баллов – небо закрыто облачностью на 50% и т. д. На

метеорологических станциях определяется общее количество облаков, т. е. количество облаков всех ярусов, и отдельно количество облаков нижнего яруса.

При определении количества облаков с летательного аппарата в воздухе необходимо удаление от их нижнего или верхнего основания, иначе результаты могут быть завышенными.

На карты погоды наносятся преобладающие формы облаков всех ярусов, общее количество облаков, количество облаков нижнего яруса и их высота.

Распределение облачности на земном шаре определяется атмосферными процессами, при которых происходит образование облаков, а также условиями испарения с подстилающей поверхности. В районах, где преобладает циклоническая деятельность (экваториальная зона, умеренные широты) и имеются благоприятные условия для увлажнения воздуха (океаны и моря), количество облачности, в том числе и облаков нижнего яруса, наибольшее. В районах, где преобладают области повышенного давления (субтропические широты) и условия для испарения влаги менее благоприятные (материки), количество облачности наименьшее. Так, в экваториальной зоне среднее годовое количество облачности колеблется от 5 до 7 баллов, в полосе 20 – 40° северной и южной широты – 2 – 4 балла и в умеренных широтах – 5 – 7 баллов.

Кроме годового хода наблюдается суточный ход количества облачности, который наиболее четко выражен для облаков нижнего яруса и облаков вертикального развития. Слоистые и слоисто-кучевые облака чаще всего образуются ночью и утром, а днем, особенно летом, могут разрушаться. Зимой, поздней осенью и в начале весны такие облака могут сохраняться в течение суток и даже нескольких дней подряд. Кучевые и мощные кучевые облака над сушей образуются в утреннее и дневное время, и их максимальное количество в теплую половину года наблюдается во второй половине дня.

Над океанами наблюдается обратный суточный ход: они образуются чаще всего в ночное время, когда водная поверхность теплее воздуха, и разрушаются в дневное время, когда разница между температурой воды и воздуха уменьшается.

Облака нередко располагаются отдельными слоями, в умеренных широтах они чаще всего расслоены в антициклонах и заполняющихся циклонах, а также на размытых фронтах. В развивающихся и углубляющихся циклонах, а также на обостряющихся фронтах при благоприятных условиях для подъема теплого и влажного воздуха образуются мощные облачные массы без «сухих» прослоек.

Облака – почти единственный метеорологический объект, тщательное наблюдение за которым позволяет летчику правильно оценить метеорологические условия непосредственно в полете. Отсюда следует вывод, что летный состав должен хорошо знать формы облаков, правильно оценивать их эволюцию и возможное влияние на выполнение полета. Например, если в процессе полета отмечается быстрый рост по вертикали кучевообразных облаков, это указывает на наличие большой неустойчивости атмосферы и возможность возникновения осадков и грозовых явлений. Над сушей это наблюдается в дневные часы, а над морем – в ночное время. Наоборот, растекание вершин кучевообразных облаков на некоторой высоте указывает на наличие задерживающего слоя (изотермии, инверсии), препятствующего развитию кучево-дождевых облаков. О степени устойчивости атмосферы можно судить по состоянию верхней поверхности облаков. Ровная или слегка волнистая поверхность облаков указывает на ее устойчивое состояние и на небольшую их нижнюю границу, иногда сливающуюся с туманом. Если же некоторый слой облачности пробивают вершины мощных кучевых облаков, быстро растущих по вертикали, это свидетельствует о наличии неустойчивости не только в подоблачном слое, но и выше основного слоя облаков.

В облачную погоду полет может происходить под облаками, в облаках,

между слоями облаков и за облаками. Полет под облаками, высота которых ниже 300 м, затрудняется из-за быстрых угловых перемещений наземных объектов, особенно при полетах на большой скорости. Кроме того, видимость в подоблачном слое часто бывает плохой (менее 4 км). Полеты под низкими сплошными облаками, а также пробивание их сверху вниз требуют особого внимания ввиду возможности столкновения с возвышенностями, особенно над пересеченной местностью [1, 15, 20].

Наиболее сложными считаются полеты в облаках, которые приходится выполнять по приборам. Летчик должен быть хорошо подготовлен к таким полетам, так как при входе в облака он лишается зрительных восприятий земли, небесных светил, естественного горизонта и может быстро потерять представление о положении самолета в пространстве. Кроме того, при входе в облака экипаж может встретить воздействие болтанки, обледенения, грозы с нарушением радиосвязи, что крайне усложнит выполнение полета [1, 5, 7,].

При полете в облаках необходимо строго выдерживать заданный режим полета, особенно высоты и скорости, во избежание опасного сближения или столкновения с другими самолетами, горами и местными предметами.

При полете за облаками визуальная ориентировка усложнена, но еще возможна, если количество облачности не превышает 6 – 8 баллов. При облачности 8 баллов и более полет практически происходит вне видимости наземных ориентиров, но при видимости небесных светил и хорошей горизонтальной и вертикальной видимости вне облаков.

Полеты между слоями облаков имеют свои особенности, так как происходят вне видимости земли и небесных светил. Прослойки между облаками часто имеют небольшую толщину (всего несколько сотен метров) и сравнительно небольшие горизонтальные размеры (от нескольких десятков до нескольких сотен километров). Кроме того, они чаще всего бывают неустойчивыми по своим размерам и изменяются с течением времени. Слои облаков могут совмещаться (сливаться), что приводит к ликвидации

прослойк. Видимость в них также иногда бывает плохой. Поэтому полеты между слоями облаков (особенно группы самолетов) должны выполняться с большой осторожностью. Опыт полетов современных боевых самолетов, обладающих большой скороподъемностью, показал, что прослойки небольшой вертикальной мощности при пробивании облаков экипажами вообще не отмечаются.

Вертикальная мощность облаков оказывает влияние на время пробивания облаков вверх и вниз, порядок сбора групп самолетов за облаками, выбор профиля полета и на выполнение некоторых авиационных задач. Естественно, чем больше вертикальная мощность и чем выше верхняя граница облаков, тем значительнее такое влияние.

В целом облака влияют на все этапы полета. Взлет, посадка, полет на эшелоне самолетов и вертолетов производится с обязательной оценкой состояния облачности (при наличии облачности или ожидаемом возникновении) и ее возможного влияния на полеты. Облака оказывают влияние на пилотирование воздушных судов и самолетовождение, а также исключают возможность дозаправки самолетов топливом в воздухе и создают трудности для боевого применения авиации [1,5,7]. Это обусловлено ограничением видимости, турбулентностью, возможностью обледенения и электризации самолета в облаках [1, 5, 7].

Полет в облаках представляет собой непрерывную цепь неустановившихся движений самолетов в трехмерном пространстве. Колебания самолета, воздействующие на пилота, могут вызвать иллюзии крена, перевернутого полета, оптические иллюзии и т.п. Частота появления ложных ощущений, их выраженность и стойкость зависит от ряда факторов, в том числе от длительности полета в облаках, количества, формы облаков. При полете в облаках и выше сплошных облаков экипаж не может контролировать фактический путь полета визуальной ориентировкой и навигационными определениями оптическим визиром. Полеты в облаках

являются наиболее сложными не только для самолетов, но и для вертолетов [1, 20].

Особенно существенно влияние облаков и связанных с ними метеорологических явлений на посадку самолетов. При посадке в сложных метеорологических условиях экипаж чрезвычайно загружен. Связано это со спецификой получения пилотом информации, требующейся для анализа окружающей обстановки и выполнения необходимых действий. Практически только зрительный, слуховой, двигательный и отчасти осязательный анализаторы используются им при пилотировании самолета визуально или по приборам. Для формирования правильного представления о пространственном положении самолета вне видимости земли вестибулярный, мышечный и кожный анализаторы являются ненадежными источниками информации. Зрительным путем пилот получает до 80 % информации, необходимой для управления самолетом. Поэтому в тех ситуациях, когда зрение не может дать объективную информацию о положении самолета или вертолета, как это бывает при полете в облаках, экипаж оказывается в трудном положении. Пилот современного транспортного самолета на посадочном снижении переносит взгляд на авиационно-пилотажные приборы от 100 до 200 раз в минуту. На каждом приборе он фиксирует взгляд до 0,66 с. Низкие облака являются серьезной помехой для правильных действий экипажа, не исключают возможности ошибок, иногда очень существенных. Посадка самолетов и вертолетов при низких облаках требует высоких летных навыков и, как правило, связана со значительным эмоциональным напряжением экипажа [20]. Именно поэтому, в первую очередь, специалистов интересуют условия полетов в облаках (при наличии облаков) нижнего яруса [5, 7,20].

1.Авиационная метеорология / А.М. Баранов [и др.]. - М.: Военное издательство, 1971. – 352с.

5. Астапенко, П.Д. Погода и полеты самолетов и вертолетов / П.Д. Астапенко, А.М. Баранов, И.М. Шварев. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 280с.
7. Баранов, А.М. Облака и безопасность полетов / А.М. Баранов. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 203с.
15. Вдовин В.М. Анализ влияния облачности на гидрометеорологическое обеспечение авиации / В.М. Вдовин, И.С. Давыдов, В.В. Михайлов // Совершенствование наземного обеспечения авиации: Межвуз. сб. науч.-метод. тр. ч. 4 - Воронеж: изд. ВВАИИ, 2000. – С. 35-42
20. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология / В.И. Воробьев. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 540с.