

В. Е. Солынина



# КРАТКИЙ КУРС АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

Второе издание, исправленное и дополненное

НОЧУ СПО  
«Авиашкола Аэрофлота»

Негосударственное образовательное частное учреждение  
среднего профессионального образования  
«Авиационная школа Аэрофлота»

**В. Е. Солынина**

**Краткий курс  
авиационной метеорологии**

Второе издание, исправленное и дополненное

Москва

НОЧУ СПО «Авиашкола Аэрофлота»

2014

УДК [629.7+656.7]:551.5(075.4)  
ББК 39.5я75+26.23я75  
С60

Рецензент: **Нестеров А.Б.**, Руководитель полетов Московского центра автоматизированного управления воздушным движением (МЦ АУВД)

**Солынина В. Е.**

С60 Краткий курс авиационной метеорологии : учебное пособие / В. Е. Солынина. — 2-е издание, исправленное и дополненное — М. : НОЧУ СПО «Авиашкола Аэрофлота», 2014. — 134 с.

ISBN 978-5-905416-10-1

В настоящем учебном пособии в краткой доступной форме изложены сведения о развитии метеорологии, дано описание основных метеорологических элементов, параметров атмосферы и происходящих в ней процессов, которые существенным образом влияют на производство полетов, их регулярность и безопасность. Рассмотрены задачи и организация метеорологического обеспечения авиации в современных условиях. Также приведены примеры прочтения метеорологических карт и синоптических кодов, используемых при метеорологическом обеспечении авиации.

Учебное пособие рекомендуется для слушателей курсов по программам обучения НОЧУ СПО «Авиашкола Аэрофлота» для представителей авиакомпаний, флайт-менеджеров, авиадиспетчеров, летного состава и всех любознательных.

Автор выражает благодарность ФБГУ ГАМЦ Росгидромета в лице начальника Мищенко Л. В. за возможность использования некоторых материалов Методического Отдела ФБГУ ГАМЦ Росгидромета и информацию из банка данных в качестве приложений.

Особая признательность от автора — Глазунову В. Г.

УДК [629.7+656.7]:551.5(075.4)  
ББК 39.5я75+26.23я75

© Солынина В. Е., 2014

© Оформление НОЧУ СПО  
«Авиашкола Аэрофлота», 2014

ISBN 978-5-905416-10-1

## Содержание

Глава 1. Метеорология	5
Глава 2. Состав и строение атмосферы	9
Глава 3. Температура воздуха и зависимость авиации от температуры	14
Глава 4. Атмосферное давление и зависимость авиации от давления	18
Глава 5. Ветер и зависимость авиации от ветра	26
Глава 6. Влажность воздуха и адиабатические процессы в атмосфере	35
Глава 7. Туманы и дымки и зависимость авиации от этих явлений	40
Глава 8. Облака	42
Глава 9. Осадки	49
Глава 10. Видимость	53
Глава 11. Атмосферная циркуляция	56
Глава 12. Воздушные массы, их классификация и условия погоды	60
Глава 13. Атмосферные фронты	63
Глава 14. Грозы и шквалы	70
Глава 15. Обледенение самолётов и вертолётов	74
Глава 16. Турбулентность атмосферы	78
Глава 17. Задачи и организация метеорологического обеспечения полётов	81
Глава 18. Метеорологическая информация, используемая при метеорологическом обеспечении авиации	85
Приложения	90
<i>Строение атмосферы</i>	90
<i>Приземная карта погоды</i>	91
<i>Основные группы синоптического кода КН-01</i>	92
<i>Уровень 300 гПа (мб) (высотная карта)</i>	98
<i>Сводка фактической погоды на аэродроме (схема сводки фактической погоды)</i>	99
<i>Фактическая погода, регулярная сводка (пример и прочтение)</i>	101
<i>Прогноз погоды по аэродрому (схема прогноза)</i>	104
<i>Корректив прогноза погоды (пример и прочтение)</i>	106
<i>Пример бланка полетной информации с прогнозами и фактической погодой</i>	108
<i>Прогностическая карта особых явлений погоды (Европейская часть)</i>	110
<i>Прогностическая карта особых явлений погоды (Евразия)</i>	111
<i>Прогностическая карта особых явлений погоды (Африка-Европа)</i>	112
<i>Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL340) Европа</i>	113
<i>Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL390) Евразия</i>	114

Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL360) Евразия	115
Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL340) Индокитай	116
Формат и подготовка полетной документации	117
Микро-АКП (Прогностическая карта особых явлений погоды для полетов ниже FL100)	119
Прогноз по району полетов в форме GAMET для слоя ниже FL100	120
Прогноз по району полетов в буквенно-цифровой форме для слоя ниже FL100	121
Пример информации SIGMET о тропическом циклоне	122
Фотография тропического циклона, полученная с искусственного спутника Земли	123
Определения	124
Принятые сокращения	129
Список литературы	132
Тропопауза	133
Струйные течения	134

Отсканировано 11.05.16  
[vk.com/edisson\\_89](https://vk.com/edisson_89)

## Глава 1.

### Метеорология

Метеорология — это обширная наука, занимающаяся процессами, происходящими в окружающей нас атмосфере. Это первая наука об окружающей природе. Первым был Аристотель, который ввёл понятие метеорология («mete» — обзираю, вижу, «ого» — пространство, «logos» — наука, т. е. наука обо всём, что я вижу вокруг себя).

Еще на заре своего существования человек пытался сознательно разобраться в окружающих его явлениях природы, которые часто были ему непонятны и враждебны. Жалкие хижины плохо защищали его от непогоды, посевы страдали от засухи или от слишком сильных дождей. Метеорология развивалась как прикладная наука, как необходимость для жизни, для практики. Сведения о погодных явлениях передавались от отца к сыну, из поколения в поколение. Огромное значение этой информации имело для развития земледелия. Земледельцам необходимо было выбирать оптимальные сроки посадки, сроки сбора урожая. Именно земледелие дало толчок началу метеорологии — сбору данных о погоде.

В огромных массивах летописей, дошедших до наших дней из Древнего Египта, Вавилона, Индии, Китая, Древней Руси, от инков основными записями являются записи о погоде.

Метеорологические наблюдения древних народов и их наследников греков привели к изучению физических закономерностей природы.

Первая книга об атмосферных явлениях была написана одним из самых крупных ученых античной Греции Аристотелем (384 — 322 г. до н. э.) под названием «Метеорология».

Но еще до Аристотеля, в V в. до н. э. астроном Метон собирал сведения о погоде и в общественных местах выставлял календари (парапетмы) с записями о явлениях погоды, сделанными в предыдущие годы.

Когда появились морские суда, начались странствия по планете, мореходы обменивались информацией о погоде, собирали сведения о ветрах. Появились описания континентов. Мореходы сделали два великих открытия:

- 1) в разных частях океана в один и тот же день разная погода;
- 2) погода смещается.

Эпоха великих открытий и изобретений, отметившая начало нового периода истории человечества, произвела революцию и в естественных науках. Открытия новых стран принесли сведения об огромном количестве физических факторов, неизвестных ранее, начиная с опытного доказательства шарообразности Земли и понятия о разнообразности её климатов.

Климат — это наиболее характерная погода для данного места и времени года.

Погода — это сочетание метеорологических явлений и параметров атмосферы в данное время.

Существенный рывок в развитии метеорологии произошёл в XVII–XVIII вв. в Европе. Изобретенные европейскими учеными метеорологические приборы: термометры, гигрометры, барометры, флюгеры, а также открытые законы Гей-Люссака, Бойля-Мариотта и др. дали начало экспериментальной науке, т.е. дали возможность измерять физические параметры атмосферы и положили начало гидродинамическим расчетам в современной метеорологии.

За длинный путь своего развития метеорология подразделилась на разделы. Самый древний из них — климатология. Название происходит от латинского слова «*klima*» — угол. В высоких широтах солнце ниже над горизонтом — климат там холоднее, на юге солнце выше — климат теплее.

Аэрология зародилась с началом запуска воздушных змеев и воздушных шаров. Запуск радиозондов и метеорологических ракет позволяют проводить исследования высоких слоев атмосферы.

Динамическая метеорология появилась по времени с созданием термометров. Задачей динамической метеорологии является изучение атмосферных движений и, связанных с ними преобразований энергии в атмосфере, путем решения уравнений гидродинамики и термодинамики.

Самая молодая из подразделов метеорологии — синоптическая метеорология. Синоптики занимаются прогнозированием погоды с помощью синоптических карт. Первые синоптические карты появились в середине XIX в. в Европе и Северной Америке, но составлялись они с большим опозданием из-за отсутствия техники связи, обеспечивающей быструю передачу данных наблюдений на большие расстояния. Только с изобретением телеграфа появилась возможность быстро собирать сведения о текущей погоде и передавать их в центры, где составлялись синоп-

тические карты, на основании анализа которых давались штормовые предупреждения, а позднее и прогнозы погоды.

Служба погоды в России была организована в 1872 г. В Главной физической обсерватории (ГФО) в Петербурге. 1 января 1872 года здесь был выпущен первый бюллетень погоды. Конечно, те бюллетени отличались от современных. Издавались они в рукописном виде и содержали обзор погоды за прошедшие сутки и данные наблюдений всего 26 русских и двух иностранных метеорологических станций.

В настоящее время существенным образом изменилась система сбора, обработки и предоставления метеорологической информации пользователям. Программный комплекс ГИС Метео – принимает и обрабатывает метеорологические данные, а также выполняет прогностические расчеты в приземном слое и свободной атмосфере.

С помощью ГИС Метео можно создать любые метеорологические карты и использовать их в прогностической работе с целью повышения оправдываемости авиационных и других прогнозов. ГИС Метео сертифицирована в Росгидромете и рекомендована к использованию во всех подразделениях Росгидромета.

Современный прогноз — это тренд — экстраполяция. Прогноз — процедура вероятностная и практически никогда не может быть равным 100 %.

Существуют отраслевые виды метеорологии, такие как агрометеорология, морская метеорология, строительная, военная, медицинская, транспортная — наземная (железнодорожный транспорт, автомобильный), трассовая (для энерго-, газотрасс), авиационная метеорология и др.

Авиационная метеорология возникла с появлением самолетов и возможностью летать. В России в 1910 г. в Севастополе была создана первая русская школа военных летчиков, где была поставлена задача обеспечения полетов данными о фактической погоде и прогнозами погоды. Вскоре здесь была организована своя авиаметеорологическая станция. Авиационная метеорология — прикладная отрасль метеорологии, изучающая влияние метеорологических величин и атмосферных явлений на авиационную технику и деятельность авиации и разрабатывающая теоретические основы метеорологического обеспечения полетов. Главной задачей авиационной метеорологии является разработка вопросов обеспечения безопасности полетов, регулярности движения воздушных судов



и эффективного применения авиационной техники в различных условиях погоды.

Задача авиационной метеорологии как учебной дисциплины состоит в том, чтобы вооружить знаниями по двум взаимосвязанным группам вопросов: как метеорологические величины и атмосферные явления влияют на полеты летательных аппаратов и как обеспечить безопасность, регулярность и экономичность полетов в метеорологическом отношении.

Под метеорологическими величинами понимается температура, давление, плотность и влажность воздуха, скорость и направление ветра, количество, высота и вертикальная протяженность (толщина, мощность) облаков, метеорологическая дальность видимости и т. п. Атмосферное явление — это определенный физический процесс с резким (качественным) изменением состояния атмосферы. Это облака, осадки, туман, гроза, шквал, смерч, метель, гололед, пыльная буря и т. п.

О погоде много шутят, но погода очень мстительная. Фраза П. Д. Астапенко — «Пилот, игнорирующий погоду — это как охотник, идущий на медведя без ружья и с завязанными глазами» переведена на многие языки и включена в учебники.

## Глава 2.

### Состав и строение атмосферы

Атмосфера Земли простирается вверх на многие сотни километров. За верхнюю её границу условно принимают высоту около 2000 км. Условность определяется тем, что газы, составляющие атмосферу, непрерывно разрежаются с высотой.

Как и у поверхности земли, воздух в слое 0–100 км состоит по объёму из 78.09 % азота, 20.93 % кислорода, 0.93 % аргона, 0.03 % углекислого газа и ничтожно малых объёмов водорода, гелия, неона, криптона, ксенона, радона, озона, метана и др. Кроме того, в атмосфере содержится водяной пар, частицы пыли, продукты сгорания и т.п.

Из составляющих атмосферу газов наиболее изменчивым является водяной пар, который содержится в самом нижнем слое. В слое от земли до высоты 5 км сосредоточено около 90 % всего содержащегося в атмосфере водяного пара, а остальные 10 % распределены в слое до 12–15 км.

Количество водяного пара, которое может содержаться в единице объёма воздуха, зависит от его температуры. Чем выше температура воздуха, тем больше его влагосодержание. Например, при температуре +30 °С в 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится до 30 г водяного пара, а при –30 °С — всего 0.3 г.

Главное свойство водяного пара состоит в том, что когда его количество при данной температуре достигает максимума, то воздух, первоначально не насыщенный водяным паром, становится насыщенным.

Как только количество водяного пара в воздухе при данной температуре достигает максимума, то он при начавшемся охлаждении превращается в мельчайшие капельки воды (конденсируется), превращается в облака и затем выпадает в виде атмосферных осадков.

Состав атмосферы до высоты 100 км, вследствие непрерывного перемешивания воздуха по вертикали, не меняется; плотность в этом слое быстро убывает с высотой. В нижнем, 5–6-километровом слое сосредоточена половина массы атмосферы, а в первом, 30-километровом слое — 99 % всей её массы.

По характеру распределения температуры с высотой в атмосфере различают следующие слои, названные сферами. (Прил. 1).

*Тропосфера.* Практически все погодообразующие процессы протекают в тропосфере, высота которой во внетропических широтах ограничена 8–12 км, в экваториальной зоне и в тропиках — 16–17 км (см. Приложение 1).

Воздух в тропосфере более тёплый у поверхности земли, с высотой он становится холоднее. На каждый километр поднятия температура воздуха понижается в среднем на 6 °С. В тропосфере возникают и развиваются вихри разных размеров, в том числе циклоны и антициклоны. Так как нагрев земной поверхности зависит от количества притекающей солнечной радиации, то температура воздуха почти всегда выше в низких широтах и ниже в умеренной зоне и полярных областях. Для тропосферы, где горизонтальный перенос воздуха всегда сопровождается вертикальными его движениями, характерны облакообразование и осадки.

*Стратосфера.* По физическим свойствам стратосфера резко отличается от тропосферы. Здесь также образуются большие и малые по размерам циклоны и антициклоны, ветры бывают слабые и очень сильные, горизонтальный перенос воздуха сопровождается восходящими и нисходящими движениями. Но влагосодержание стратосферы ничтожно мало, поэтому здесь не происходит образования облаков и осадков.

Характерной особенностью стратосферы является повышение температуры с высотой в среднем на 1–2 °С на 1 км. На верхней границе её температура становится равной нулю (0 °С) и даже выше. Стратосфера нагревается непосредственно от притекающей солнечной радиации. Под действием ультрафиолетовой радиации в стратосфере образуется газ озон (O<sub>3</sub>). Наибольшая его концентрация приходится обычно на слой 20–30 км, а максимум расположен на высотах 20–24 км. Поглощая ультрафиолетовую радиацию Солнца, озон защищает Землю от её губительных воздействий.

Радиозонды и метеорологические ракеты, ежедневно запускаемые в свободную атмосферу, измеряют её параметры, что позволяет установить особенности режима и физические причины развивающихся в ней процессов. А это очень важно, поскольку в стратосфере летают сверхзвуковые самолёты.

Между тропосферой и стратосферой располагается переходный слой — *тропопауза*. Тропопауза характеризуется прекращением падения температуры с высотой, как это было свойственно тропосфере.

Толщина слоя тропопаузы колеблется от нескольких сотен метров до 1–2 км, реже до 3 км. Её положение в зависимости от географической широты места, времени года и атмосферных процессов сильно меняется. В полярных районах она в среднем на высоте 7–9 км, в умеренных — 9–12 км, в экваториальных — 16–18 км.

В умеренных широтах наибольшие средние высоты тропопаузы бывают в конце лета, а наименьшие — в начале весны. На всех широтах наблюдаются сильные непериодические колебания высоты тропопаузы, характеризующиеся тем, что над холодными циклонами тропопауза значительно понижается, а над тёплыми антициклонами — резко повышается.

Тропопауза характеризуется, как правило, значительным сезонным изменением температуры воздуха и скорости ветра, а также повышенной междусуточной изменчивостью этих метеорологических элементов, особенно температуры. Среднее значение температуры тропопаузы принято равным  $-56,5$  °С. В зоне тропопаузы создаются специфические условия полётов.

Благодаря резкому уменьшению градиентов температуры тропопауза представляет собой мощный задерживающий слой, препятствующий переносу водяного пара и твёрдых примесей воздуха (мелких частиц пыли, промышленных продуктов и пр.). Поэтому под тропопаузой часто наблюдается пониженная видимость, дымки и облачность верхнего яруса, ухудшающие условия полётов.

Поверхность тропопаузы имеет наклон. Под теми её участками, которые имеют большой наклон ( $\text{tg } \alpha \geq 1/300$ ) создаются возмущенные потоки воздуха с неблагоприятными условиями для полета. Часто под этими участками находятся струйные течения.

В зоне тропопаузы и в нижней стратосфере над умеренными широтами во все времена года преобладает западный ветер. Вследствие значительных изменений скорости ветра с высотой, а иногда и его направления, под тропопаузой, особенно в зонах струйных течений, наблюдается турбулентность, приводящая к болтанке самолётов. По сравнению с другими высотами болтанка под тропопаузой бывает чаще, и наибольшая её повторяемость приходится на слой 0.5–1.5 км ниже тропопаузы.

Между стратосферой и мезосферой на высоте около 51 км располагается переходный слой – стратопауза.

*Мезосфера* располагается над стратосферой и простирается до высоты около 80 км. В мезосфере температура понижается с высотой и на верхней границе достигает  $-60\dots-100$  °С. Такое быстрое падение температуры вызывает довольно сильные восходящие и нисходящие движения воздуха и повышенную турбулентность. Иногда у верхней границы мезосферы, на высотах около 80 км, наблюдаются светящиеся особым серебристо-синеватым светом так называемые серебристые облака. Плотность воздуха в мезосфере мала: на нижней её границе в среднем в 1000, а на верхней границе — примерно в 100000 раз меньше, чем у поверхности Земли. Поэтому с высоты 70–80 км уже невозможно использовать аэродинамическую подъёмную силу для полёта. Эти высоты и принято считать началом космического пространства.

На высоте около 85–86 км находится переходный слой между мезосферой и термосферой — мезопауза.

*Термосфера* — наиболее мощный по высоте слой атмосферы, простирающийся на высотах от 80 до 800 км. Температура в термосфере быстро повышается. Уже на высоте около 100 км она переходит через 0 °С, а в слое 150–200 км достигает 500 °С. Выше продолжается повышение температуры, и в верхней термосфере она достигает 1000–2000 °С.

На высотах 60–80 и 200–400 км происходит ионизация воздуха, т. е. образование огромного количества электрически заряженных частиц — ионов. Поэтому слой 60–400 км обычно называют *ионосферой*. Ионосфера оказывает влияние на распространение радиоволн. Ионизированные слои отражают короткие и средние радиоволны, благодаря чему становится возможной дальняя радиосвязь. Суть состоит в том, что заряженные атомы — ионы — отражают радиоволны, и они вновь возвращаются на Землю, но уже в значительном отдалении от места радиопередачи. При усиливающемся излучении Солнца заряженные частицы (корпускулы) под влиянием магнитного поля Земли отклоняются в сторону высоких широт. Войдя в атмосферу, корпускулы усиливают ионизацию газов настолько, что начинается их свечение и возникают полярные сияния. Полярные сияния обычно появляются на высоте около 100 км, а нередко и на высотах в несколько сотен километров.

На высоте около 800 км располагается мезопауза — переходный слой между термосферой и экзосферой.

*Экзосфера* — это слой атмосферы, расположенный выше 800 км над земной поверхностью. Этот внешний слой атмосферы называется также

сферой рассеяния. Здесь плотность воздуха настолько мала, что молекулы и атомы газов пролетают огромные расстояния без столкновения. Отсюда отдельные электрически нейтральные атомы, преодолевая земное притяжение, улетают в мировое пространство. Сфера рассеяния не имеет резкой верхней границы и постепенно переходит в межпланетное пространство.

## Глава 3.

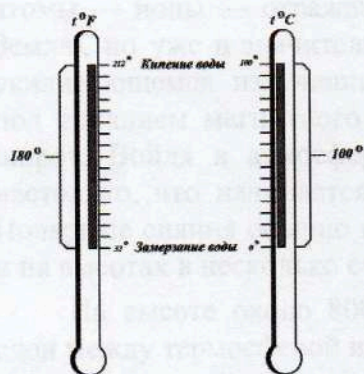
### Температура воздуха и зависимость авиации от температуры

Температура воздуха является одной из основных характеристик погоды.

*Температура воздуха* — степень нагретости или характеристика теплового состояния воздуха. Она пропорциональна кинетической энергии движения молекул воздуха.

В передаче тепла от земной поверхности в атмосферу важную роль играет турбулентный теплообмен. Тепло поступает в атмосферу также в результате конденсации водяного пара при облакообразовании и сублимации. Перераспределение тепла между различными широтными зонами происходит, главным образом, вследствие горизонтального переноса масс воздуха (адвекции). Перемещение отдельных порций воздуха с одних уровней на другие, обусловленных плавучестью этих порций и разностью температур на различных высотах, называется конвекцией.

Температура измеряется в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ) по стоградусной шкале, или в градусах Кельвина ( $^{\circ}\text{K}$ ) по абсолютной шкале. Переход от температуры в градусах Кельвина ( $^{\circ}\text{T}$ ) к температуре в градусах Цельсия ( $t$ ) осуществляется по следующей формуле  $t = T - 273$ . В США и Англии используют шкалу Фаренгейта.



$$t^{\circ}\text{C} = 5 / 9 (t^{\circ}\text{F} - 32);$$

$$t^{\circ}\text{F} = 9 / 5 (t^{\circ}\text{C} + 32);$$

$$T^{\circ}\text{K} = 273,15 + t^{\circ}\text{C}.$$

$t^{\circ}\text{C}$  — температура в шкале Цельсия;

$t^{\circ}\text{F}$  — температура в шкале Фаренгейта;

$T^{\circ}\text{K}$  — температура в шкале Кельвина.

Рис.3.1. Температурные шкалы

Для измерения температуры воздуха применяются термометры.

По принципу действия термометры делятся на жидкостные (ртутные и спиртовые), металлические (термометры сопротивления, биметаллические пластинки и спирали) и полупроводниковые (термисторы).

По назначению термометры делятся на срочные, максимальные и минимальные. Срочными термометрами измеряют температуру в момент наблюдения, максимальными измеряют максимальную температуру, минимальными — минимальную. Для непрерывной записи температуры воздуха используют суточные и недельные термографы.

На метеорологических площадках термометры устанавливаются в метеорологических будках на высоте 2 м от поверхности земли. Будка защищает термометры от прямого воздействия солнечных лучей, а стенки будки, сделанные в виде жалюзи, обеспечивают хорошую равномерную вентиляцию.

В метеорологических телеграммах (METAR, SPECI) и на высотных картах погоды температура указывается в целых градусах, а на приземных картах погоды — с десятными долями градуса.

Для наглядного представления о распределении температуры в горизонтальном направлении у поверхности земли или на высоте — значения температуры в пунктах наблюдения наносят на карту. При её анализе проводят линии равных значений температуры, которые называются изотермами.

В приземном слое минимальная температура воздуха за сутки наблюдается около восхода Солнца, в июле — около 3 часов, в январе — около 7 часов по местному времени. Максимальная температура обычно отмечается через 2–3 часа после полудня, т. е. в 14–15 часов по местному времени.

Разность между максимальной и минимальной температурой называют амплитудой суточного хода. В зависимости от времени года, широты места, рельефа местности, характера почвы и метеорологической обстановки она может меняться от нескольких градусов до десятков градусов. Наибольшая суточная амплитуда температуры воздуха наблюдается в низких широтах в котловинах с песчаной или каменистой почвой в безоблачную погоду летом. Над морями и океанами суточный ход температуры воздуха невелик.

В течение года в каждом пункте температура воздуха изменяется от максимального значения летом до минимального значения зимой. Амплитуда годового хода температуры воздуха обычно зависит от широты



места, близости моря и высоты рельефа над уровнем моря. Наименьшая амплитуда наблюдается над океанами вблизи экватора, так как здесь приток тепла от Солнца в течение года изменяется незначительно.

Резко различаются значения годовой амплитуды температуры воздуха в пунктах, расположенных в глубине континента и на океанических островах. Самая низкая температура ( $-88,3^{\circ}\text{C}$ ) отмечена на станции Восток (Антарктида). Самая высокая температура ( $+58^{\circ}\text{C}$ ) отмечена в Африке близ Триполи.

Для количественной оценки изменения той или иной физической величины с высотой или по горизонтали пользуются понятием градиент. Пространственные изменения температуры оцениваются посредством вертикального и горизонтального градиента температуры.

*Вертикальный градиент температуры* ( $\gamma$ ) — это изменение температуры на 100 метров высоты. Единица измерения —  $^{\circ}\text{C}/100$  м. Он может быть положительным, отрицательным или равным нулю. При понижении температуры с высотой  $\gamma > 0$ . Слой атмосферы, где  $\gamma < 0$ , называется слоем *инверсии*. Если в слое  $\gamma = 0$ , то это слой *изотермии*.

Оценить количественное изменение температуры в горизонтальном направлении помогает *горизонтальный градиент температуры* ( $\gamma_r$ ). На приземных картах это изменение температуры на 100 км ( $\gamma_r/100$  км), на высотных картах —  $\gamma_r/1000$  км.

Температурные условия существенно влияют на производство полётов самолётов, на их взлёт и посадку.

В полёте постоянная высота удерживается по барометрическому высотомеру ( $p = \text{const}$ ), скорость полёта на эшелоне зависит только от температуры воздуха. Чем выше температура воздуха, тем больше должна быть потребная скорость горизонтального полёта.

От температуры напрямую зависит плотность воздуха ( $\rho$ ). При более низкой температуре плотность воздуха больше. Подъёмная сила при этом возрастает при возрастании скорости отрыва. Сокращается длина разбега по ВПП при взлёте. Повышение температуры воздуха приводит к увеличению скорости отрыва самолёта. Изменение скорости отрыва влечёт за собой изменение длины разбега и взлётной дистанции. Это важно иметь в виду при взлёте с аэродромов в горной местности. При повышении температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  длина разбега увеличивается на 7–13 %. При увеличении температуры необходимо уменьшать загрузку.

Чем выше температура, тем больше посадочная скорость. При увеличении температуры увеличивается часовой расход топлива.

При полетах на больших высотах (близких к потолку самолета) возникает опасность попадания в зону с более высокой температурой, где может уменьшиться сила тяги и самолет начнет терять высоту. Для восстановления режима полета необходимо увеличить число оборотов, а если это невозможно, то летчику придется уменьшить высоту полета, чтобы сила тяги уравнилась с силой сопротивления. Установлено, что при неизменной скорости самолет может потерять высоту около 500 м, если температура воздуха на высоте полета, близкой к потолку, увеличится на 10 °С. Поэтому при выборе безопасной высоты полета очень важно учитывать отклонение фактической температуры воздуха от стандартной.

Низкие температуры серьезно усложняют эксплуатацию воздушного транспорта. При температурах ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  резиновые составляющие теряют эластичность, становятся хрупкими и ломкими. Уменьшается герметизация амортизаторов и приборов. Повышается вязкость масел и смазок. При низких температурах происходит кристаллизация воды в топливе. Застывание воды в дренажных системах при низких температурах у вертолетов может привести к разрушению дренажных соединений.

## Глава 4.

# Атмосферное давление и зависимость авиации от давления

*Давление воздуха* ( $p$ ) — это сила, с которой атмосфера давит на единичную площадку. В каждой точке воздушного пространства оно равно весу вышележащего столба воздуха.

Давление воздуха быстро убывает с высотой. На высоте 5,5 км давление равно примерно половине приземного.

Согласно Международной системе единиц (СИ), единицей давления является паскаль (Па). В метеорологии и авиации в качестве единиц давления используются миллибар (мбар) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.):

$$1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па} = 1,33 \text{ мбар};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} \approx 4/3 \text{ мбар}.$$

На VIII Всемирном метеорологическом конгрессе (апрель-май 1979 г.) было принято решение о переходе к единице измерения давления — гектопаскаль, вместо миллибара.  $1 \text{ ГПа} = 1 \text{ мбар}$ .

Давление воздуха измеряется барометрами. Барометры бывают ртутные и металлические (барометры-анероиды). Для непрерывной записи используют самописцы давления — барографы.

На метеостанциях вычисляется также барическая тенденция — изменение давления за последние три часа.

Для того чтобы иметь возможность сравнивать давление в различных пунктах, его приводят к уровню моря.

Нормальное давление на уровне моря при  $t = 15^\circ\text{C}$  равно 1013,25 мбар (760 мм рт. ст.).

Давление воздуха на уровне моря может меняться от 1085 мбар (сибирский антициклон — Az) до 880 мбар (тропический циклон — Zn).

Для характеристики изменения давления с высотой и по горизонтали используют барический градиент — изменение давления на единицу

расстояния. Положительный барический градиент направлен в сторону падения давления по кратчайшему расстоянию.

Различают вертикальный и горизонтальный барические градиенты. Вертикальный барический градиент всегда положителен и во много раз больше горизонтального. Вертикальный градиент примерно равен 12 мбар/100 м, а горизонтальный — 1–3 мбар/100 км в приземном слое.

Вертикальный барический градиент с высотой уменьшается, так как падение давления при подъёме на одну и ту же высоту уменьшается с удалением от поверхности земли.

Для ориентировочной оценки изменения давления с высотой, а также для приближённого расчёта изменения высоты по разности значений давления пользуются барической ступенью.

Барическая ступень — это такая высота, на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на единицу (1 мбар или 1 мм рт. ст.):

$$h = \frac{8000}{p}(1 + \alpha t)$$

где:  $\alpha$  — коэффициент, равный 0,004;  
 $p$  — давление;  
 $t$  — температура.

1. Барическая ступень зависит от температуры и давления воздуха.
2. В тёплом воздухе барическая ступень больше, чем в холодном.
3. С высотой барическая ступень возрастает.
4. Чем меньше барическая ступень, тем быстрее давление падает с высотой.

Вблизи земной поверхности при нормальном атмосферном давлении и температуре 15°C барическая ступень равна 8,2 м/мбар.

Значения барической ступени в приземном слое используются пилотами при расчётах безопасной высоты полёта в равнинной и холмистой местности.

Для того чтобы представить пространственное распределение давления над большими районами, по данным радиозондирования атмосферы рассчитывают высоты поверхностей с одинаковым давлением, называемых изобарическими поверхностями. Они располагаются одна над другой, не пересекаясь, и имеют определённый рельеф, меняющийся со временем. Над районами с высоким давлением поверхность располагается выше, над районом с низким давлением — ниже. Угол наклона этой

поверхности невелик:  $tg < 1/2000$  — это значит, что на расстоянии 2000 м высота меняется всего на 1 метр.

Для основных изобарических поверхностей с давлением 850, 700, 500, 400, 300, 200, 100, 50 мбар, что приблизительно соответствует высотам 1,5, 3, 5–5,5, 6–7, 9, 12, 16 км над уровнем моря составляют высотные карты погоды. На эти карты также наносят сведения о температуре, направлении и скорости ветра и влажности воздуха (см. Приложение 4).

Высота изобарической поверхности вычисляется не в обычных метрах, а в геопотенциальных. Геопотенциальный метр (гп.м) — единица геопотенциала. Геопотенциал, или потенциал силы тяжести, равен работе, которую необходимо совершить, чтобы поднять единицу массы на высоту один метр при ускорении свободного падения равном  $9,8 \text{ м/сек}^2$  (10 гп.м. соответствуют 1 декаметру (дам)). Карты абсолютной барической топографии представляют топографию поля атмосферного давления на данной изобарической поверхности.

Анализ карт барической топографии состоит в проведении линий одинаковых значений геопотенциала, т.е. линий равных высот — изогипс. В результате на картах абсолютной барической топографии вырисовываются возвышенности и впадины в поле давления, что соответствует антициклонам и циклонам, гребням и ложбинам, зонам слабых и сильных ветров.

Изобарические поверхности на высотах над циклонами обычно прогнуты вниз, а над Аз они имеют выпуклость вверх.

Для расчета давления на различных высотах используют барометрическую формулу Лапласа:

$$H = 18400(1 + \alpha_{cp}) \lg \frac{P_1}{P_2}$$

где:  $\alpha = 0,004$ ;

$P_1$  и  $P_2$  — давление на нижней и верхней границе слоя;

$t_{cp}$  — средняя температура в слое.

Давление, измеренное на метеостанциях и приведенное к уровню моря, наносится на приземные карты погоды. Приземная карта погоды — это географическая карта (Приложение 2), на которую условными знаками и цифрами по определенной схеме (Приложение 3), наносятся сведения о погоде полученной в результате наблюдений сети метеорологиче-

ских станций в установленные сроки. На этих картах проводятся линии равного давления — изобары (через 5 мбар или 2,5 мбар), которые и дают картину распределения давления над различными районами. Поле атмосферного давления, изображённое на картах, называется барическим полем. Формы барического поля носят название барических систем: циклон (Zn), антициклон (Az), ложбина, гребень, седловина (рис. 4.1).

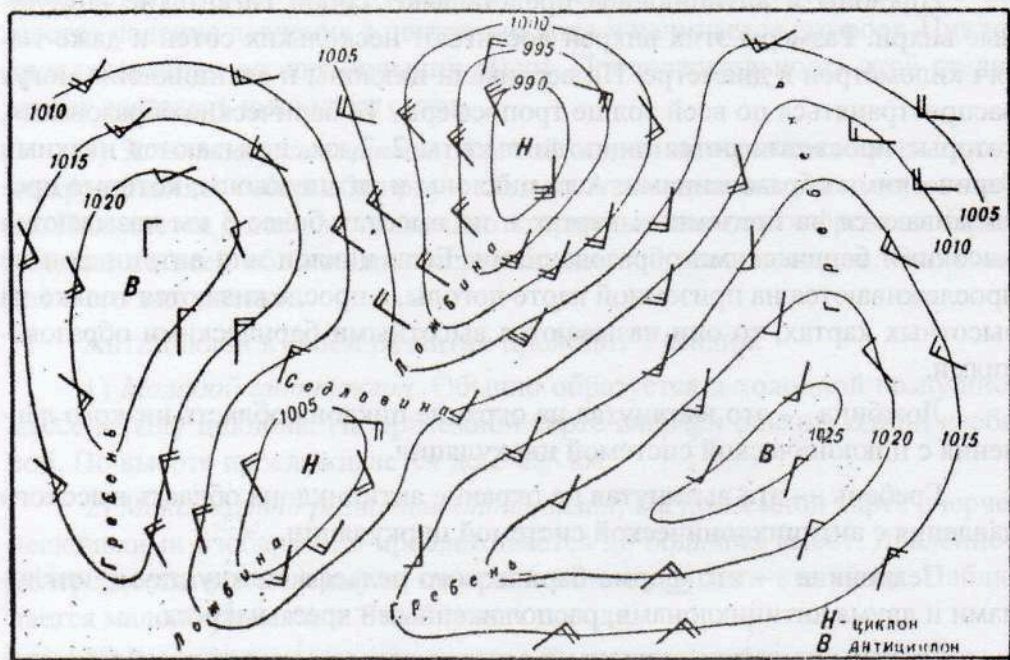


Рис. 4.1. Барические системы и воздушные течения в них

Циклоны (Н) — это атмосферные возмущения с низким атмосферным давлением в центре и с движением воздуха против часовой стрелки в северном полушарии, и по часовой стрелке в — южном. Благодаря такому вращению в циклонах наблюдается схождение воздушных потоков и приток масс воздуха от периферии к центру. Притекающий воздух вынужден поэтому подниматься вверх и только на высоте растекаться от центра к периферии. Упорядоченный подъем воздуха в циклоне приводит к его охлаждению, что способствует приближению воздуха к состоянию насыщения водяным паром и образованию облачности и осадков.

Антициклоны (В) — атмосферные возмущения с высоким давлением в центре и движением воздуха по часовой стрелке в северном полуша-

рии и против часовой стрелки — в южном. Движение воздуха в антициклоне приводит к расходимости воздушных потоков (от центра к периферии). Это, в свою очередь, вызывает в центре антициклона нисходящие потоки. Нисходящие потоки в области антициклона приводят к нагреванию опускающегося воздуха и удалению его от состояния насыщения водяным паром и, следовательно, к уменьшению количества облачности.

Циклоны и антициклоны представляют собой гигантские воздушные вихри. Размеры этих вихрей достигают нескольких сотен и даже тысяч километров в диаметре. По вертикали циклоны и антициклоны могут распространяться по всей толще тропосферы. Те барические образования, которые прослеживаются лишь до высоты 2–3 км, называются низкими барическими образованиями. А те циклоны и антициклоны, которые прослеживаются на приземных картах и на высотах более 3 км называются высокими барическими образованиями. Если циклон или антициклон не прослеживаются на приземной карте погоды, а прослеживаются только на высотных картах, то они называются высотными барическими образованиями.

Ложбина — это вытянутая на окраине циклона область низкого давления с циклонической системой циркуляции.

Гребень — это вытянутая на окраине антициклона область высокого давления с антициклонической системой циркуляции.

Седловина — это форма барического рельефа между двумя циклонами и двумя антициклонами, расположенными крест-накрест.

В своем развитии циклоны и антициклоны проходят несколько стадий.

В развитии циклона прослеживается 4 стадии:

1) *Стадия волны*. На карте погоды в данном районе появляется замкнутая изобара, очерчивающая центр возникающего циклона. У вершины волны и перед теплым фронтом давление начинает падать, а за холодным фронтом, где наблюдается вторжение холодного воздуха давление начинает расти. У вершины волны образуется область пониженного давления, а циркуляция воздушных потоков приобретает циклонический характер.

2) *Молодой циклон*. Давление в центре циклона продолжает падать, т.е. циклон углубляется. На приземной синоптической карте появляется несколько замкнутых изобар. Циклон уже обнаруживается и на высотной

карте АТ-700 мб (Приложение 5). Облачные системы фронтов и осадки распространяются на большие территории. Молодой циклон существует около суток и далее переходит в следующую стадию своего развития.

3) *Стадия максимального развития.* Давление в центре циклона достигает наименьшего значения по сравнению с другими стадиями. Площадь его значительно увеличивается. Холодный фронт догоняет теплый и начинается их смыкание. После их смыкания (окклюдирования) прекращается падение давления в центре циклона и начинается его рост. Циклон прослеживается до еще больших высот. Продолжительность этой стадии может составить несколько суток.

4) *Заполняющийся циклон.* На этой стадии центральная часть циклона представляет собой обширную область относительно холодного воздуха. Появляется один или несколько вторичных холодных фронтов. Практически по всей области циклона наблюдается рост давления. Это говорит о его заполнении.

Антициклон в своем развитии проходит 3 стадии:

1) *Молодой антициклон.* Обычно образуется в холодной воздушной массе в тылу циклона. На приземной карте очерчен обычно одной изобарой. По высоте прослеживается до 2–2,5 км.

2) *Максимально развитый антициклон.* На приземной карте очерчен несколькими изобарами и прослеживается до больших высот. Давление в центре достигает максимума по сравнению с другими стадиями. Наблюдается малооблачная или безоблачная погода.

3) *Разрушающийся антициклон.* В центральной части антициклона начинается падение давления. Цикл развития антициклона продолжается от нескольких дней до нескольких недель. Малоподвижные антициклоны существуют несколько дольше.

Для обеспечения безопасности полётов установлены правила вертикального эшелонирования самолётов. Эшелон полёта — это выделенная для полётов воздушных судов относительная барометрическая высота, отсчитываемая от изобарической поверхности с давлением 760 мм рт. ст. (1013,2 мбар). Высота полёта на эшелоне выдерживается с помощью барометрического высотомера, нуль шкалы которого установлен на давлении 760 мм рт. ст.

Полёт самолёта на эшелоне является полётом вдоль одной и той же изобарической поверхности. Истинная же высота полёта (высота над ре-



льефом), а также абсолютная высота (высота над уровнем моря) могут значительно отличаться от барометрической. Это обусловлено тем, что над различными районами уровень с давлением 760 мм рт. ст. располагается по-разному — и выше, и ниже уровня моря — и изобарические поверхности не параллельны уровню моря.

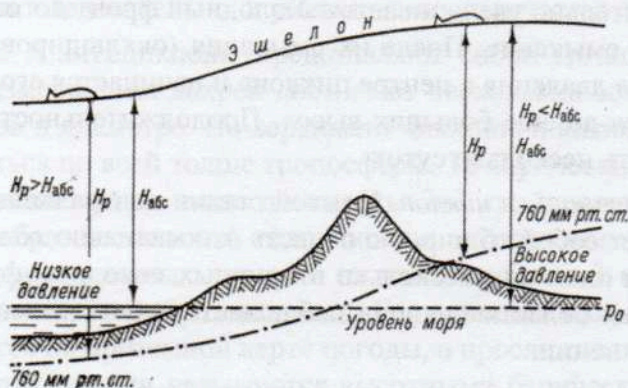


Рис. 4.2. Изменение абсолютной  $H_{абс}$  и барометрической  $H_p$  высоты полета на эшелоне

При метеорологическом обеспечении используется информация о давлении на уровне ВПП, давлении на аэродроме, приведённом к уровню моря, и минимальном давлении на маршруте, также приведённом к уровню моря.

При метеорологическом обеспечении полётов на международных авиалиниях используется давление QNH (в миллибарах). Это давление на аэродроме, приведённое к уровню моря по стандартной атмосфере. Ему соответствует барометрическая высота уровня моря. Значения давления QNH сообщаются в сводке о фактической погоде на аэродроме по международному метеорологическому коду METAR. Экипажу на борт самолёта перед посадкой в международном аэропорту сообщается давление QFE — давление на уровне рабочего курса ВПП. В большинстве стран мира посадку осуществляют по давлению QNH и, когда самолет стоит на земле, то на барометрическом высотомере отображается высота превышения аэродрома над уровнем моря.

Важной характеристикой атмосферы является плотность воздуха ( $\rho$ ). Это масса воздуха в единице объёма. Единица измерения —  $\text{г/м}^3$ . Она рассчитывается, а не измеряется:

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Чем выше температура, тем меньше плотность, и наоборот.

В атмосферном воздухе всегда содержится водяной пар. Плотность влажного воздуха не равна плотности сухого воздуха. Влажный воздух легче, чем сухой.

От физических характеристик атмосферы зависят лётно-технические данные самолётов и вертолётов, показания пилотажно-навигационных приборов. Поэтому для сравнения эксплуатационные характеристики различных летательных аппаратов, двигателей, приборов и т. п. принято относить к одинаковым атмосферным условиям. Для этих целей используется стандартная атмосфера.

Стандартная атмосфера — это условная атмосфера, отражающая среднее распределение физических характеристик атмосферы по высоте.

Таблица значений  $t^{\circ}\text{C}$ ,  $P$ ,  $\rho$ ,  $a$   
для основных уровней стандартной атмосферы до высоты 80 км

Высота, км	Температура, $t^{\circ}\text{C}$	Вертикальный градиент температу- ры, $^{\circ}\text{C/км}$	Давление воздуха ( $P$ ), мм рт. ст.	Плотность воздуха ( $\rho$ ), $\text{г/м}^3$	Скорость звука ( $a$ ), м/с
0	15,0	—	760,0	1,225	340,3
11	-56,5	6,5	169,8	0,364	295,1
20	-56,5	0,0	41,1	0,088	295,1
32	-44,5	1,0	6,5	0,013	303,1
47	-2,5	2,8	0,8	0,004	329,8
51	-2,5	0,0	0,5	0,0009	329,8
71	-58,5	-2,8	0,03	0,00004	293,7
80	-76,5	-2,0	0,007	0,00002	281,1

## Глава 5.

### Ветер и зависимость авиации от ветра

Воздух — очень подвижная среда, практически всегда находится в движении. Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности. Основными его характеристиками являются направление и скорость.

Направление ветра выражается в градусах или румбах той части горизонта, откуда дует ветер.

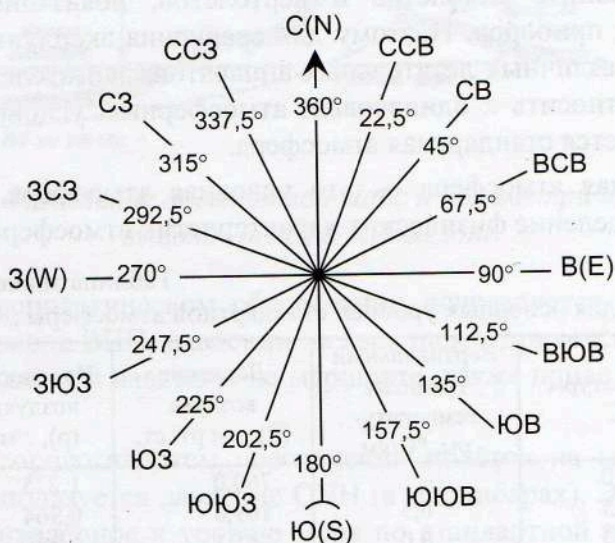


Рис. 5.1. Схема направлений ветра

В воздушной навигации используется навигационный ветер, направление которого определяется той частью горизонта, куда дует ветер:

$$d_n = d \pm 180.$$

В аэропортах, где большое магнитное склонение ( $\delta \geq 5^\circ$ ), сообщается магнитный ветер:

$$d_m = d \pm \delta \quad (\text{западное — плюс, восточное — минус})$$

Скорость ветра измеряется в м/сек, км/ч или в баллах по шкале Бофорта. В соответствии со шкалой Бофорта ветер различают:

<i>Баллы</i>	<i>Характеристика ветра</i>	<i>Скорость (м/сек)</i>
0	штиль	0
1	тихий	1
2	легкий	2
3	слабый	4–5
4	умеренный	6–7
5	свежий	8–9
6	сильный	10–12
7	крепкий	13–15
8	очень крепкий	16–17
9	шторм	18–22
10	сильный шторм	23–27
11	жестокий штормовой	28–29
12	ураган	более 29

Турбулентность воздушных потоков обуславливает изменчивость скорости и направления ветра. По скорости различают ровный и порывистый ветер, по направлению — постоянный и меняющийся.

В приземном слое атмосферы для измерения характеристик ветра применяются стационарные приборы — флюгеры, анемометры, анеморумбометры, анеморумбографы.

## **5.1 Причины возникновения ветра**

Ветер — это движение воздуха относительно земной поверхности. Частицы воздуха могут двигаться лишь в том случае, если на них действуют какие-либо силы. Основной силой является сила барического градиента. Она возникает в результате неравномерного распределения давления вдоль земной поверхности и направлена перпендикулярно изобарам в сторону низкого давления.

Как только частица начинает двигаться, на её движение оказывают влияние другие силы — отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса), сила трения и центробежная сила.

Сила Кориолиса отклоняет направление движения под прямым углом вправо в северном полушарии, влево — в южном.

Центробежная сила мала и в практических расчётах её не учитывают.

При установившемся движении, когда скорость ветра постоянна, силы, действующие на массу воздуха, должны уравновешивать друг друга, т. е. их векторная сумма должна быть равна нулю. В этом случае сила барического градиента должна быть равна сумме силы Кориолиса и силы трения.

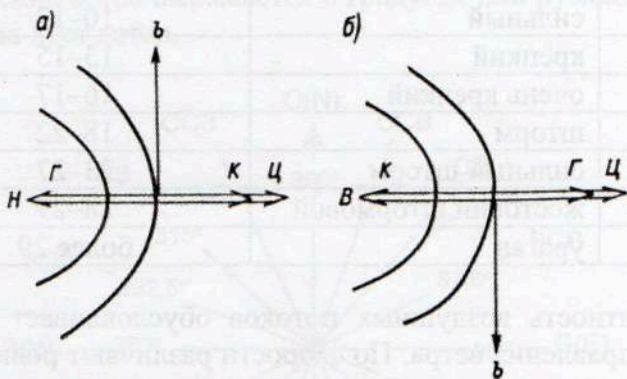


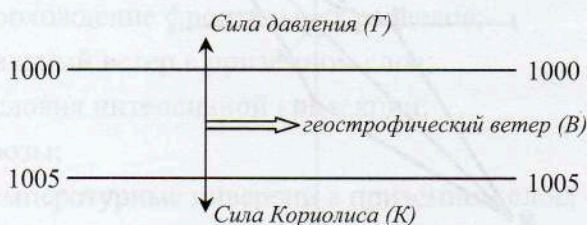
Рис. 5.2. Силы, действующие при криволинейном движении в случае циклонической (а) и антициклонической (б) кривизны изобар (северное полушарие)  
*Н* — низкое давление, *В* — высокое давление

Таким образом, вблизи земной поверхности ветер направлен так, что если встать спиной к ветру, то низкое давление будет находиться слева и несколько впереди, а высокое давление — справа и несколько позади.

Это приводит к тому, что в Цп воздух циркулирует против часовой стрелки, а в антициклонах — по часовой стрелке. Центральная часть Цп является областью сходимости, а центр Аз — областью расходимости воздушных потоков.

Выше пограничного слоя сила трения практически не оказывает влияния на воздушные потоки. В этом случае при прямолинейном движении на частицы воздуха действуют только сила барического градиента и сила Кориолиса.

Установившееся горизонтальное движение воздуха в свободной атмосфере при отсутствии силы трения называют градиентным ветром. Он наблюдается выше пограничного слоя (выше 1000 м). Вектор градиентного ветра направлен вдоль изобар, причём низкое давление остаётся слева.



Геострофический ветер — частный случай градиентного ветра.

С высотой скорость и направление ветра изменяются. Коэффициент трения с высотой уменьшается, а скорость ветра увеличивается, пока не становится градиентным. На высоте 500 м скорость ветра примерно в 2 раза больше, чем у поверхности земли.

Ветер оказывает существенное влияние на деятельность авиации, как в приземном слое, так и на высотах. Приземный ветер влияет на взлёт и посадку самолётов и вертолётов, а ветер на высотах — на их навигацию. При сильном ветре возможны опасные для авиации явления погоды — такие как метели, пыльные бури; они существенно ухудшают видимость, которая может стать ниже минимума аэродрома. Ураганы и шквалы при взлёте и посадке могут приводить к лётным происшествиям. В целях обеспечения безопасности и регулярности полётов ветер учитывается при всех навигационных расчётах. Климатические характеристики ветра (роза ветров) учитываются при строительстве аэродромов, при составлении расписания движения на воздушных трассах. Роза ветров — это диаграмма, представляющая режим ветра в конкретном месте (обычно по многолетним данным для месяца, сезона или года). Представляет собой кружок, от центра которого расходятся лучи по основным румбам (направлениям) горизонта. Внутри кружка цифрами указывается повторяемость штилей, а длины лучей пропорциональны, повторяемости ветров данного направления (Рис 5.3).

Ветер оказывает существенное влияние на путевую скорость и угол сноса. Вектор путевой скорости равен сумме векторов воздушной скорости и скорости ветра. Путевая скорость зависит от того, какой ветер — попутный, боковой или встречный.

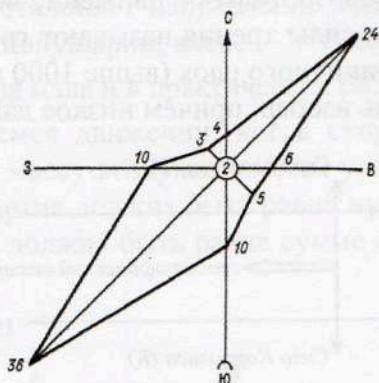


Рис. 5.3. Роза ветров

Ветер влияет на взлётно-посадочные характеристики: длину разбега и скорость отрыва, длину пробега и посадочную скорость. Наиболее благоприятным для взлёта и посадки является встречный ветер. Направление ВПП часто не совпадает с направлением ветра, поэтому приходится осуществлять взлёт и посадку при встречно-боковом и боковом ветре. Взлётно-посадочные характеристики возрастают, возникают моменты крена и разворота, которым при неправильном учёте ветра могут привести к сносу самолёта на край ВПП или поломке шасси. В целях безопасности для любого типа самолёта установлены максимальная боковая составляющая скорости ветра, при превышении которой взлёт и посадка не разрешаются.

На точность приземления воздушных судов существенно влияет изменчивая характеристика ветра вдоль ВПП и по высоте в приземном слое (до 60–100 м). Резкое изменение характеристик ветра (направления и (или) скорости ветра) в пространстве на небольшом расстоянии, включая восходящие и нисходящие потоки, называют *сдвигом ветра*. Он может быть горизонтальным и вертикальным. Сдвиг ветра определяется как изменение вектора ветра от одной точки пространства до другой, выражается разностью между векторами ветра в двух точках. Эта разность сама является вектором, так как имеет скорость и направление и поэтому характеризуется величиной (модулем) и направлением. Наибольшие осредненные сдвиги ветра наблюдаются весной и летом в слое от земли до 70 м. Зимой сдвиги ветра чаще повторяются в слое от 70 до 100 м, т.к. часто формируются инверсии температуры, которые захватывают весь слой от земли до 100 м. В течение суток во все сезоны года максимальные сдвиги

ветра вблизи земной поверхности наблюдаются во время близкое к полудню (13—14 ч местного времени), а минимум—вблизи полуночи.

Сдвиги ветра наиболее часто возникают при следующих характерных условиях:

- 1) Прохождение фронтальных разделов;
- 2) Сильный ветер в приземном слое;
- 3) Условия интенсивной конвекции;
- 4) Грозы;
- 5) Температурные инверсии в приземном слое;
- 6) Горные волны.

Для экипажей, выполняющих полеты в нижнем воздушном пространстве, важно уметь наблюдать за явлениями, которые могут служить косвенными признаками наличия сдвига ветра в приземном слое, например:

- 1) Движение слоев облачности в разных направлениях;
- 2) Резкое раскачивание деревьев, вызванное сильным порывистым ветром у земли;
- 3) Перекатывающиеся воздушные волны по посевам и траве;
- 4) «Пенное» волнение воды на водных объектах;
- 5) Движение дыма из труб в разных направлениях;
- 6) Грозы;
- 7) Водяные смерчи и др.

Сдвиг ветра при отсутствии манёвра рулями и тягой двигателя может привести к «перелёту» или «недолёту» относительно расчётной точки приземления. При взлете в условиях усиления встречного ветра с высотой на самолет, попадающий в слой с более сильным ветром, действует большая подъемная сила, чем на ниже лежащих уровнях, и его фактическая траектория набора высоты будет выше заданной (самолет подбрасывает). Это может привести к переходу на закритические углы атаки, к сваливанию самолета. Под влиянием сдвигов ветра самолет может не только испытывать эволюции в вертикальной плоскости, но и изменять направление движения. Значительные боковые сдвиги ветра оказывают существенное влияние на изменение траектории и могут привести к приземлению за пределами ВПП при посадке или к боковому смещению за пределы сектора безопасного набора высоты. Сдвиг ветра относится к



опасным для авиации атмосферным явлениям, информация о которых в оперативном порядке передается экипажам воздушных судов для обеспечения безопасности взлета и посадки.

По аэродрому в случае возможного возникновения сдвига ветра составляется предупреждение по аэродрому о сдвиге ветра и передается службе движения.

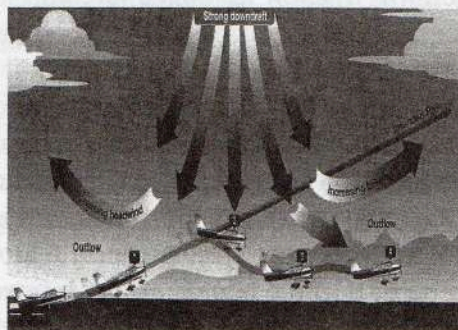
В случае, если экипаж при заходе на посадку или при взлете попал под воздействие сдвига ветра, то обязан сообщить об этом диспетчеру; диспетчер передает эту информацию наблюдателю, который включает сообщение о сдвиге ветра в сводку «METAR» дискриптором «WS». Если в течение последующих 30 минут никто не подтверждает сохранение сдвига ветра, то сообщение о нем из следующей сводки погоды изымается.

По интенсивности сдвиг ветра может быть слабым, умеренным, сильным или очень сильным.

Таблица. Критерии оценки интенсивности сдвига ветра

<i>Интенсивность сдвига ветра</i>	<i>Вертикальный сдвиг ветра на 30 м высоты (м/с)</i>	<i>Горизонтальный сдвиг ветра на 600 м (м/с)</i>	<i>Скорость восходящего или нисходящего потока (м/с)</i>	<i>Влияние на управляемость воздушным судном</i>
Слабый	0–2,0	0–2,0	0–2,0	Незначительное
Умеренный	2,1–4,0	2,1–4,0	2,1–4,0	Значимое
Сильный	4,1–6,0	4,1–6,0	4,1–6,0	Существенные трудности
Очень сильный	>6,0	>6,0	>6,0	Опасное

### Микропорывы.



Особую опасность для воздушных судов представляют микропорывы (Microburst).

Микропорыв — это небольшого размера и интенсивные нисходящие порывы, которые при достижении земной поверхности распространяются от своего центра во все стороны. Это приводит к образованию вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра, которые представляют серьезную опасность для всех типов воздушных судов, особенно на малых высотах. Из-за своих небольших размеров (диаметр микропорыва чаще всего меньше 1,5 км), недолгого времени существования (редко отдельный микропорыв длится дольше 15 минут с момента достижения нисходящего потока уровня земли и до полного его рассеивания) и того, что они могут возникнуть и при отсутствии осадков на уровне земли, нелегко обнаружить микропорывы с помощью обычных метеолокаторов и систем предупреждения о сдвиге ветра. Нисходящие потоки могут достичь скорости 30 м/с, горизонтальные потоки у земли могут достичь значения больше 20 м/с, что в итоге приводит к сдвигу в 45 м/с. Нисходящий поток на уровне земли превращается в горизонтальный поток, площадь распространения которого может достичь значения около 4 км.

## 5.2 Местные ветры

Местными ветрами называются такие воздушные течения, которые возникают и приобретают типичные свойства под влиянием местных физико-географических и термических условий.

К ним относятся: бризы, горно-долинные ветры, бора, фён, ледниковый ветер и многочисленные ветры по названиям (афганец, урсатьевский ветер).

Бризы — с суточной периодичностью, возникают на побережьях. Дневной дует с холодной воды на прогретую сушу, ночной — наоборот.

Горно-долинные ветры — с суточной периодичностью, наблюдаются чаще всего в тёплую половину года. Днём склоны прогреваются, и ветер дует днём по долинам и вверх по склонам; ночью — наоборот, со склонов вниз в долину.

Бора — сильный холодный ветер, направленный с прибрежных невысоких гор (высотой не более 1000 метров) на море. Она часто наблюдается на северо-восточном берегу Черного моря в районе города Новорос-

сийска, когда над юго-востоком территории России устанавливается антициклон, а над Черным морем — область низкого давления.

Фён — теплый сухой ветер, направленный с гор, часто сильный и порывистый. При фёне на наветренной стороне горного хребта наблюдаются сложные метеорологические условия (облачность, осадки, плохая видимость). На подветренной стороне наблюдается сухая, малооблачная погода.

## Глава 6.

# Влажность воздуха и адиабатические процессы в атмосфере

Более 70 % нашей планеты покрыто морями и океанами, с поверхности которых происходит непрерывное испарение влаги. Эта влага переносится воздушными потоками в горизонтальном и вертикальном направлениях. Атмосферный воздух всегда содержит то или иное количество водяного пара.

Чем выше температура испаряющей поверхности, суше воздух и сильнее ветер, тем больше количество испаряющейся воды. Испарение происходит до тех пор, пока над испаряющей поверхностью количество водяного пара не достигнет насыщения, т.е. максимального количества, возможного в данном объеме при данной температуре.

Содержание водяного пара в атмосфере выражается с помощью следующих основных характеристик:

Упругость водяного пара  $e$  — парциальное давление водяного пара, измеряемое в мм рт. ст. или в мб.

Упругость насыщения или максимальная упругость водяного пара обозначается буквой  $E$ .

Абсолютная влажность  $a$  — масса водяного пара в граммах, содержащегося в  $1 \text{ м}^3$  влажного воздуха ( $\text{г}/\text{м}^3$ ).

Абсолютная влажность  $a$  и упругость водяного пара  $e$  связаны соотношением:

$$\text{при измерении } e \text{ в мм рт. ст. — } a = \frac{1,06e}{1 + \alpha},$$

$$\text{при измерении в мб — } a = \frac{0,8e}{1 + \alpha},$$

$\alpha$  — коэффициент объемного расширения воздуха, равный 0,004.

Удельная влажность  $S$  — количество водяного пара в г, содержащегося в 1 кг влажного воздуха (г/кг):

$$S = 622 \frac{e}{p}, \text{ где } e \text{ — упругость, } p \text{ — давление.}$$

Относительная влажность  $f$  — отношение фактической упругости водяного пара  $e$  к максимальной упругости при данной температуре  $E$ , выраженное в процентах:

$$f = \frac{e}{E} \times 100\%$$

Степень насыщения воздуха водяным паром зависит от влагосодержания и температуры воздуха. При более высокой температуре количество насыщенного пара больше.

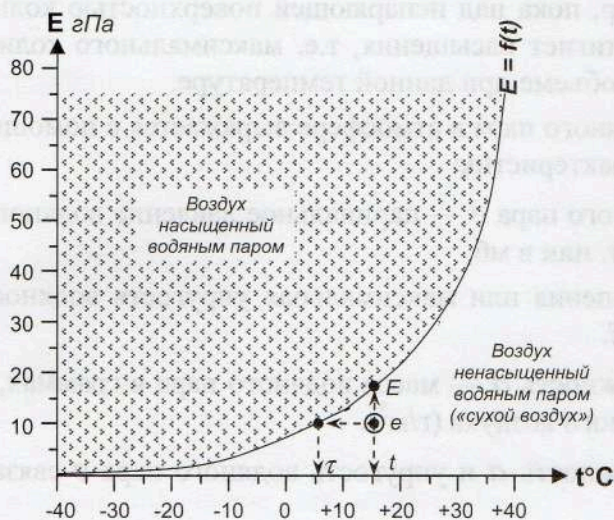


Рис. 6.1. График зависимости максимальной упругости водяного пара ( $E$  гПа) от температуры воздуха ( $t$ °C)

При метеорологическом обеспечении относительная влажность воздуха является одной из важнейших характеристик воздушной массы. Приближение ее к 100 % является признаком увеличения опасности возникновения на данном аэродроме тумана и понижения облачности.

Измерение относительной влажности в метеоподразделениях производится с помощью гигрометра или дистанционной метеорологической станции.

Дефицит влажности  $d$  — разность между упругостью насыщения  $E$  при данной температуре и фактической упругостью водяного пара  $e$ .

$$d = E - e$$

Точка росы  $\tau$  — температура до которой необходимо охладить воздух, чтобы содержащийся в нем водяной пар при постоянных значениях атмосферного давления и удельной влажности достиг состояния насыщения.

Разность между температурой воздуха и точкой росы называется дефицитом точки росы.

Дефицит точки росы показывает, на сколько градусов надо охладиться воздуху, чтобы водяной пар, содержащийся в нем, стал насыщенным.

Основным процессом, приводящим к насыщению атмосферного воздуха водяным паром, является понижение температуры. При повышении температуры воздух удаляется от состояния насыщения.

Вода в атмосфере может находиться в трех состояниях: газообразном (водяной пар), жидком (вода) и твердом (лед). Процесс перехода воды из газообразного состояния в жидкое называется конденсацией, а переход из газообразного состояния в твердое, минуя жидкое, — сублимацией. Вода и лед, в свою очередь, в результате испарения переходят в газообразное состояние. Эти процессы изменения агрегатного состояния воды в атмосфере идут непрерывно и оказывают существенное влияние на образование облаков, осадков, туманов и других явлений.

В атмосфере Земли одни виды энергии постоянно переходят в другие. Наиболее часты превращения тепловой энергии в механическую и обратно, осуществляющиеся при термодинамических процессах. В случае, когда механические движения в атмосфере осуществляются только за счёт её внутренней энергии, термодинамические процессы происходят без теплообмена с окружающей средой и называются адиабатическими (адиабатными).

При адиабатических процессах расширение воздуха сопровождается его охлаждением, а сжатие — нагреванием.

Различают сухоадиабатические и влажноадиабатические процессы.

Сухоадиабатические процессы протекают в сухом или влажном, но ненасыщенном воздухе:  $\pm \gamma \approx 1/100$  м (+ при подъёме воздуха; — при опускании воздуха). Подъём воздуха сопровождается ростом относительной влажности, а опускание — уменьшением. Удельная влажность остаётся постоянной.

Влажноадиабатические процессы протекают в воздухе, насыщенном водяным паром. При таких процессах при подъёме воздуха часть пара конденсируется (образуются облака). Насыщенный воздух охлаждается меньше, чем ненасыщенный, при подъёме на одну и ту же высоту.

Изменение температуры поднимающегося или опускающегося воздуха изображают графически с помощью линий, называемых адиабатами.

Сухие адиабаты — это прямые линии, показывающие изменение температуры сухого или влажного ненасыщенного воздуха при его подъёме и опускании.

Влажные адиабаты — изогнутые кривые линии, показывающие изменение температуры влажного насыщенного воздуха при его подъёме.

Если массу влажного, но ненасыщенного воздуха поднимать вверх, то из-за понижения температуры воздух будет приближаться к насыщению. Высота, на которой достигается состояние насыщения, называется уровнем конденсации.

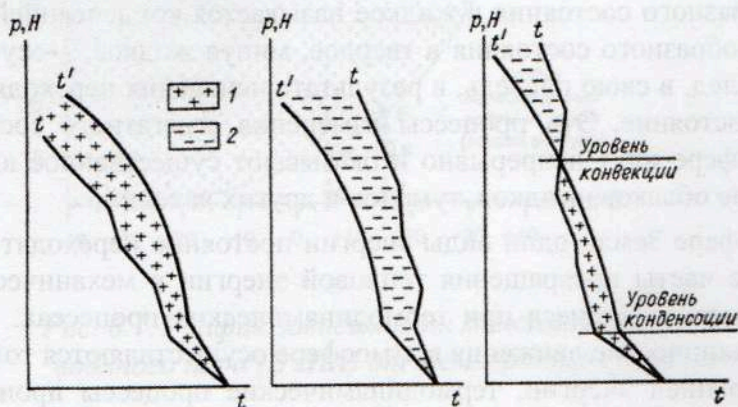


Рис. 6.2. Отображение энергии неустойчивости атмосферы на аэрологической диаграмме  
 1 — положительная,  
 2 — отрицательная энергия неустойчивости

Условия в атмосфере могут благоприятствовать и не благоприятствовать развитию вертикального движения воздуха.

При неодинаковом нагревании различных участков земной поверхности над ней возникают вертикальные токи воздуха, но в зависимости от физического состояния атмосферы они могут или быстро затухать на небольшой высоте, или распространяться на значительную высоту, приобретая большие скорости.

Вертикальное движение развивается за счёт внутренних процессов в атмосфере, когда потенциальная энергия переходит в кинетическую. Потенциальная энергия атмосферы, зависящая от распределения температуры воздуха с высотой, называется энергией неустойчивости. Она может быть положительной или отрицательной.

При положительной энергии неустойчивости объём воздуха поднимается или опускается самостоятельно. Обычно это имеет место в тёплое время года, когда холодная воздушная масса движется над тёплой земной поверхностью. Возникают интенсивные конвективные движения. Признаком неустойчивого равновесия в атмосфере являются облака вертикального развития (кучевые, мощные кучевые и кучево-дождевые), а также ливневые осадки и грозы. Наблюдается интенсивная турбулентность, вызывающая болтанку самолётов.

При отрицательной энергии неустойчивости атмосфера находится в состоянии устойчивого равновесия. Воздух может подниматься вверх лишь при получении энергии извне. Устойчивое равновесие наблюдается чаще всего в холодное время года, когда тёплая воздушная масса перемещается на холодную земную поверхность. Для такой ситуации характерны слоистые и слоисто-кучевые облака.

Точка пересечения кривых состояния и стратификации находится на уровне конвекции. До этого уровня развиваются вертикальные движения и кучево-дождевые облака.



## Глава 7.

### Туманы и дымки и зависимость авиации от этих явлений

Туман – это помутнение воздуха вблизи земной поверхности, вызванное скоплением взвешенных в воздухе капелек воды или кристалликов льда, ухудшающих горизонтальную видимость до значений менее 1 км. Аналогичное явление с видимостью более 1 км называется дымкой.

По интенсивности туманы подразделяются на очень сильные (с видимостью менее 50 м), сильные (50–200 м), умеренные (200–500 м) и слабые (500–1000 м). Очень сильные туманы относятся к особо опасным для народного хозяйства и авиации метеорологическим явлениям. Они очень осложняют и даже приостанавливают работу всех видов транспорта, особенно авиации.

Туманы бывают внутримассовые и фронтальные. Внутримассовые делятся на туманы охлаждения и туманы испарения. Туманы охлаждения возникают вследствие понижения температуры воздуха. К охлаждению воздуха приводит, например, ночное или круглосуточное (зимой) излучение, обуславливающее образование радиационных туманов.

Радиационные туманы возникают в ясные тихие ночи, когда излучение и охлаждение почвы и прилегающих к ней слоёв воздуха особенно сильные. Необходимо также при этом высокое содержание влаги в воздухе. Наиболее часто радиационные туманы наблюдаются в конце лета и осенью. Обычно они возникают в понижениях рельефа — в долинах, котловинах, над болотами и поймами рек, куда стекает холодный воздух. Температурная инверсия формируется до незначительных высот, примерно до 300–500 м от земли. Поэтому радиационные туманы достаточно тонкие, сверху они могут казаться прозрачными. Площади, занятые туманом, невелики. Радиационные туманы, как правило, непродолжительны. По мере прогревания земной поверхности, усиления ветра и турбулентности они рассеиваются, а иногда приподнимаются, образуя разорванно-слоистые облака.

В аэропортах, расположенных вблизи промышленных центров, радиационные туманы более вероятны. Здесь при сгорании топлива в атмо-

сферу дополнительно выбрасывается много водяного пара, а индустриальные примеси являются ядрами конденсации. Это и создаёт условия, благоприятные для образования туманов.

Адвективные туманы образуются в относительно тёплом и влажном воздухе, перемещающемся над холодной поверхностью. Особенно часто возникают у берегов морей в холодную половину года, когда воздух с тёплой водной поверхности поступает на сушу, покрытую снегом. В умеренных широтах, в частности, в московском регионе они наиболее часты в ноябре, когда на относительно холодную поверхность земли натекает тёплый влажный воздух. Это происходит часто при вторжении с юга средиземноморских или черноморских циклонов, а также с запада — атлантических циклонов. В таких случаях возникает приземная инверсия до 1,5–2,0 км, под которой образуется туман. Возникают адвективные туманы в любое время суток, и ветер может быть сильным (3–7 м/с, а иногда и до 13–15 м/с). Они продолжаются иногда до нескольких суток, занимая большие площади, и наиболее опасны для авиации.

Адвективно-радиационные туманы в осенне-зимний период над Европейской частью России и в Западной Европе.

Туманы испарения образуются в результате притока водяного пара за счёт испарения в более холодный воздух. Температура водной поверхности должна быть выше температуры воздуха на 8–10 °С. Туманы испарения возникают в высоких широтах над полыньями, незамерзающими заливами, над реками и озёрами осенью.

Фронтальные туманы возникают при прохождении фронтов. Они могут возникнуть и перед атмосферным фронтом и при его прохождении, и за фронтом. Наиболее часто они бывают на теплых фронтах.

## Глава 8.

### Облака

*Облака* — системы капель воды, кристаллов льда или тех и других элементов, взвешенных в атмосфере на некоторой высоте над земной поверхностью.

По форме, горизонтальной и вертикальной протяжённости облаков можно косвенно судить о причинах облакообразования, о процессах, происходящих в облаках, а следовательно, и об условиях полёта в облаках.

Для образования облаков необходимо небольшое пересыщение воздуха водяным паром и наличие ядер конденсации. Пересыщение возникает вследствие понижения температуры воздуха ниже точки росы или в результате дополнительного притока влаги. Чаще всего оно достигается при понижении температуры.

Главными процессами, обуславливающими охлаждение воздуха в свободной атмосфере и приводящими к облакообразованию, являются адиабатическое расширение, турбулентный обмен и излучение.

При вертикальном подъёме воздух попадает в слои, где атмосферное давление ниже, поэтому воздух начинает расширяться. Расширение требует затраты энергии, которая идёт на преодоление внешних сил давления.

Поскольку процесс адиабатический, работа совершается только за счёт внутренней энергии поднимающегося объёма воздуха. По этой причине при подъёме воздуха, не насыщенного водяным паром, температура понижается на  $1^{\circ}\text{C}$  на любых 100 м высоты. На некоторой высоте температура воздуха становится равной температуре конденсации. При дальнейшем его подъёме формируются облака.

Чем плотнее облака, т. е. чем больше содержится в них влаги, тем больше выделяется тепла при конденсации, тем медленнее падает температура воздуха с высотой.

Более плотные облака располагаются, в основном, ближе к земной поверхности, где и температура, как правило, выше, чем на высоте, и источники поступления влаги недалеко.

В зависимости от характера и интенсивности вертикальных движений образуются облака различной формы и различных размеров. В зонах атмосферных фронтов, где на больших площадях происходит медленный упорядоченный подъём воздуха, формируются целые облачные системы, охватывающие обширные территории. При интенсивной конвекции образуются облака, сильно развитые по вертикали, но сравнительно небольшой горизонтальной протяжённости. Иногда характер вертикальных движений довольно сложный. В одних слоях наблюдаются восходящие движения, в других — нисходящие. При нисходящих движениях воздух адиабатически нагревается и удаляется от состояния насыщения. В таких случаях наблюдается несколько слоёв облачности: там, где развиты восходящие движения, образуются облака, где нисходящие — безоблачные прослойки.

Под микрофизической структурой облаков понимается их внутреннее физическое строение — т. е. фазовое состояние облачных элементов, их размеры, число облачных единиц в единице объёма.

По микроструктуре облака делятся на ледяные (кристаллические), водные (капельные) и смешанные. В  $1 \text{ см}^3$  облака примерно 100–600 капель.

### ***Классификация облаков***

Поскольку облака, прежде всего, различаются по их внешнему виду, для метеорологических наблюдений принята морфологическая классификация. В ней выделяется 10 основных форм (родов) облаков, подразделяющихся на ряд видов и разновидностей.

По высоте нижней границы выделяют облака верхнего, среднего и нижнего ярусов. Особо выделены облака вертикального развития, представляющие собой отдельные облачные массы, простирающиеся по вертикали до различных высот

В современной международной классификации используются латинские названия облаков.

Классификация облаков по ярусам и основным формам выглядит следующим образом:

*Облака верхнего яруса* (высота нижней границы более 6 км).

I. Перистые (циррус) — Ci.

II. Перисто-кучевые (цирро-кумулюс) — Cc.

III. Перисто-слоистые (цирро-стратус) — Cs.

*Облака среднего яруса* (высота нижней границы 2–6 км).

IV. Высоко-кучевые (альто-кумулюс) — Ac.

V. Высоко-слоистые (альто-стратус) — As.

*Облака нижнего яруса* (высота нижней границы менее 2 км).

VI. Слоисто-кучевые (страто-кумулюс) — Sc.

VII. Слоистые (стратус) — St.

VIII. Слоисто-дождевые (нимбо-стратус) — Ns.

*Облака вертикального развития.*

IX. Кучевые (кумулюс) — Cu.

X. Кучево-дождевые (кумулонimbus) — Cb.

Кратко рассмотрим особенности основных форм облаков.

*Облака верхнего яруса.*

Нижняя граница — более 6 км.

Верхняя граница — может достигать тропопаузы, и в отдельных случаях может располагаться в тропопаузе. Облака состоят из очень мелких шестиугольных ледяных кристаллов.

Cirrus в переводе — «локон, завиток».

Ci — обычно напоминают тонкие нити. Очертания их расплывчатые.

Перед восходом солнца и после захода солнца облака могут отражать солнечные лучи и окрашиваться в яркие красивые цвета. Высота их нижней границы в умеренных широтах — 7–10 км, в тропиках — до 17–18 км. Вертикальная их протяжённость — от нескольких сотен метров до нескольких километров. Облака кристаллические, осадки из них не выпадают.

Cc — имеют вид хлопьев, сгруппированных в ряды. Наименьшая нижняя граница в умеренных широтах — 6–8 км, вертикальная протяжённость — 0,2–0,4 км.

Cs — имеют вид однородной пелены, нередко закрывающей всё небо. Наименьшая нижняя граница в умеренных широтах — 6–8 км, вертикальная протяжённость — от нескольких сотен метров до нескольких километров.

*Облака среднего яруса.*

Они состоят из переохлаждённых капель воды, ледяных кристаллов и снежинок.

Altus — «высокий».

Ac — это серого, белого или синеватого цвета облака в виде волн и гряд, состоящих из хлопьев и пластин, разделённых просветами или без просветов. Наименьшая нижняя граница в умеренных широтах —  $\approx$  2–6 км, вертикальная протяжённость — 0,2–0,7 км. В отдельных случаях из облаков могут выпадать капли дождя или снежинки.

As — имеют вид однородной или волнистой пелены серого или синеватого цвета. Наименьшая нижняя граница в умеренных широтах — 3–5 км, вертикальная протяжённость — 1–2 км. Из облаков может выпадать дождь или снег.

*Облака нижнего яруса.*

Sc — имеют вид крупных гряд, волн, пластин, хлопьев, сливающихся в сплошной серый волнистый покров; иногда бывают просветы. Высота нижней границы чаще всего 0,6–1,5 км. Вертикальная протяжённость — 0,2–0,8 км, иногда 1–2 км. Облака обычно состоят из капель воды, которые в зимнее время являются переохлаждёнными и, кроме того, имеют примесь кристаллов льда и снежинок. Летом из них может выпадать слабый дождь, зимой — слабый и умеренный снег.

Ns — сплошные низкие тёмно-серые облачные массы сравнительно однородного вида, но с некоторой волнистостью. Для этих облаков характерны длительные осадки в виде дождя или снега. Нижняя граница  $\approx$  0,1–1,0 км. Вертикальная протяжённость обычно 2–3 км, иногда 5 км. Облака состоят из переохлаждённых капель и ледяных кристаллов.

St — образуют сплошной однородный покров серого цвета, иногда разорванный и клочковатый. Высота нижней границы обычно 0,1–0,7 км, а при разорванных облаках — 50–100 м. Вертикальная протяжённость — 0,2–0,8 км. Иногда облака сливаются с туманом. В тёплое время года они состоят из мелких капель, зимой — из переохлаждённых капель с примесью ледяных кристаллов. Из облаков может выпадать морось, зимой — мелкие снежинки и снежные зёрна. St нередко образуются под слоем инверсии. После восхода солнца они рассеиваются.

### *Облака вертикального развития*

Эти облака имеют вид изолированных облачных масс, вертикальные размеры которых соизмеримы с горизонтальными. Развитые облака напоминают стог или кочан цветной капусты.

Cu — представляют собой отдельные плотные облака с плоским основанием и округлыми, куполообразными вершинами. Высота нижней границы  $\approx$  0,8–1,5 км. Вертикальная протяжённость — от нескольких сотен метров до 1 км, иногда более. Кучевые облака типичны для лета, зимой их практически не бывает. Состоят из капель воды, осадки из них не выпадают.

Разновидностью кучевых облаков являются мощные кучевые облака — Cu cong. Это сильно развитые по вертикали кучевые облака, представляющие собой изолированные клубящиеся облачные массы. Вертикальная протяжённость — 2–3 км и более. Облака состоят из капель разного размера. В умеренных широтах осадки из них обычно не выпадают, а в тропиках — ливневые дожди.

Cb — это сильно развитые, массивные, клубящиеся облака, большой вертикальной протяжённости. Нижнее основание обычно неровное, с рваными клочками. Вершины облаков проникают в верхнюю тропосферу, где температура воздуха значительно ниже 0°C, поэтому верхняя часть кучево-дождевых облаков состоит из ледяных кристаллов или смеси кристаллов с мелкими каплями. Верхняя часть Cb облака имеет характерную волокнистую структуру и называется «наковальной». Горизонтальная протяжённость Cb облаков может достигать нескольких десятков километров, поэтому даже одно облако может

покрывать всё небо над пунктом. Нижняя граница Сb облаков — от 0,4 до 2 км, вертикальная протяжённость — от 3–4 км до 10–12 км и более.

Количество облаков, или облачность — это степень закрытия небесного свода облаками. Количество облаков выражается в баллах (10-балльная шкала) или октантах. Оценивают визуально.

Высота облаков — расстояние по вертикали от земной поверхности до нижнего основания облаков.

До недавнего времени светолокатор (ИВО) был основным прибором для измерения высоты облаков в аэропортах.

#### *Метеорологические условия полётов в облаках различных форм*

Сi — полёт спокойный, болтанка либо отсутствует, либо слабая. Обледенения нет. Если полёт длительный, возможна электризация самолёта.

Сс — обледенение редко — бывает, если большая влажность и большая скорость самолёта. Болтанка — слабая. Если Сс в области струйного течения, то бывает слабая или умеренная болтанка.

Сs — обледенение бывает лишь в облаках с большой влажностью и при полете самолетов в них с большой скоростью. Полет чаще всего спокойный, за исключением тех Сs, которые находятся в зонах струйных течений.

Видимость в этих облаках от нескольких сотен метров до нескольких километров.

Ас — болтанка слабая или умеренная, если в зоне струйного течения, то умеренная и сильная. Возможно обледенение. Дальность видимости в Ас  $\approx$  100 м.

Аs — болтанки нет, обледенение до умеренного.

Sc — слабая и умеренная турбулентность. Умеренное обледенение в зимнее время, так как много переохлаждённых капель.

St — визуальный полёт под ними сложен, так как они очень низкие. Зимой — умеренное и сильное обледенение. Болтанки практически нет.

Ns — болтанки нет или слабая. Умеренное и сильное обледенение особенно осенью и весной. Могут возникать электростатические заряды.



**Cu** — облечения нет, болтанка слабая и умеренная.

**Cu cong** — умеренное и сильное облечение. Умеренная и сильная болтанка.

**Cb** — турбулентность сильная, шкваловый ворот. Вихрь с горизонтальной осью вращения, гроза, шквал, град, сильное облечение. Рекомендуется обходить на безопасном расстоянии.

## Глава 9.

### Осадки

*Атмосферными осадками* (или просто осадками) называется вода в жидком или твёрдом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхности земли и на предметах. Осадки из облаков дают более 99 % общего количества воды, поступающей из атмосферы на земную поверхность. Менее 1 % приходится на росу, иней, изморозь, жидкий и твёрдый налёт.

Количество (сумма) осадков измеряется толщиной (в миллиметрах) слоя воды, образующегося в результате выпадения осадков на водонепроницаемую поверхность.

Интенсивность осадков — это слой осадков, выпадающих за единицу времени (обычно за 1 мин.).

Различают следующие формы осадков.

*Снег* (SN) — твёрдые осадки в виде снежинок (кристаллов) разных размеров. Обычно снежинки — звёздочки правильной шестиконечной формы. При температуре 0°C снежинки слипаются в хлопья, иногда довольно крупные. Выпадает из слоисто-дождевых, высоко-слоистых, слоисто-кучевых и слоистых облаков.

*Снежная крупа* (GS) — довольно мягкие матово-белые непрозрачные крупинки округлой формы диаметром  $\approx 2\text{--}5$  мм. Выпадает из кучево-дождевых облаков при температуре воздуха около 0°C (поздней весной и зимой) часто перед ливневым снегом или одновременно с ним. Они хрупкие и легко раздавливаются пальцами.

*Снежные зёрна* (SG) — отличаются от снежной крупы размером. Их размер меньше 1 мм. Обычно выпадают при низких температурах (ниже  $-10^\circ\text{C}$ ).

*Ледяная крупа* (PE или PL) — прозрачные с поверхности крупинки, имеющие в центре плотное белое ядро. Диаметр крупинок 2–5 мм. Они образуются при падении капель дождя или частично растаявших снежинок через приземный слой с отрицательной температурой. Выпадают из кучево-дождевых облаков часто вместе с дождем, главным образом весной и осенью при прохождении холодного фронта при температуре воз-

духа выше 0°C. Они довольно твердые, при падении на твердую поверхность они отскакивают от нее.

*Град (GR)* — осадки в виде кусочков льда разного размера. Градины имеют неправильную или сферическую форму, их диаметр от 2 до 150–200 мм. В градинах слои прозрачные чередуются со слоями непрозрачными. Выпадают преимущественно в теплое время года из кучево-дождевых облаков при ливневом дожде.

*Ледяной дождь (PE или PL)* — мелкие прозрачные сферические частицы диаметром 1–3 мм. Образуются при замерзании капель дождя, падающих сквозь нижний слой воздуха с отрицательной температурой. Выпадают из слоисто-дождевых облаков.

*Ледяные иглы (IC)* — мельчайшие ледяные кристаллы, как правило, неразветвлённые. В ясные морозные дни их можно обнаружить по блеску. Образуются при сильных морозах и чаще всего при безоблачном небе или при облачности верхнего яруса.

*Дождь (RA)* — жидкие осадки из облаков в виде капель диаметром 0,5 мм и более. Отдельные капли, попадая в воду, оставляют след в виде расходящегося круга. Выпадают из слоисто-дождевых облаков (обложной дождь). Дождь также может выпадать из высоко-слоистых и слоисто-кучевых облаков.

*Морось (изморось) (DZ)* — осадки в виде мелких капель диаметром не более 0,5 мм. Их падение почти незаметно для глаз. Они кажутся плавающими в воздухе. Поверхность, на которую они выпадают намокает, как правило, равномерно и медленно. На водной поверхности кругов от капель не наблюдается. Выпадает из слоистых облаков или тумана.

*Мокрый снег (SNRA)* — осадки, состоящие из тающего снега или снега с дождём, выпадают при положительной температуре у земли, близкой к 0°C. Выпадают из слоисто-дождевых и высоко-слоистых облаков.

Осадки делятся на *морозящие, обложные и ливневые*.

*Морозящие осадки* представляют собой мелкие капли дождя ( $\varnothing \approx 0,5$  мм) или очень мелкие снежинки и снежные зёрна. Обычно они выпадают из St или Sc.

*Обложные осадки* — это длительные с мало меняющейся интенсивностью осадки в виде капель дождя диаметром более 5 мм или снежинок. Выпадают в основном из фронтальных слоисто-дождевых облаков.

*Ливневые осадки* — осадки в виде крупных капель, крупных хлопьев снега, иногда снежной крупы или града. Выпадают из Сb облаков. Начинаются внезапно, длятся недолго, но могут неоднократно возобновляться. Осадки могут сопровождаться грозами и шквалами. Этот вид осадков типичен для неустойчивых воздушных масс, холодных фронтов и фронтов окклюзии по типу холодного.

Среди осадков особое внимание заслуживает град. Град наблюдается обычно с апреля по сентябрь, наибольшая повторяемость — в мае — июне. В течение суток наибольшая повторяемость — примерно в 14–16 часов.

Завершая главу «Осадки», необходимо отметить что далеко не из всех облаков они выпадают. Необходимым условием выпадения осадков из облака является укрупнение облачных элементов (водяных капель, ледяных кристаллов или их смеси). Главными процессами, которые вызывают их укрупнение, являются конденсация (или сублимация) водяного пара в облаке и коагуляция, т.е. слияние более мелких капель в крупные или сцепление кристаллов в облаке при соударении друг с другом. Водяные капли или ледяные кристаллы должны укрупниться и стать настолько тяжелыми, чтобы скорость их падения превысила сопротивление воздуха и скорость восходящих движений в облаке. Если осадки, выпадающие из облака не достигают поверхности земли, а испаряются, то под облаком видны полосы их падения, называемые «вирга».

Как было указано выше осадки могут быть жидкими, твердыми и смешанными. Статистический синоптический анализ показывает, что фазовое состояние осадков зависит от температуры воздуха у земли и высоты изотермической поверхности  $0^{\circ}\text{C}$ . В переходные сезоны (осень, весна, зимние оттепели), когда температура воздуха у поверхности земли ниже  $3^{\circ}\text{C}$ , а на уровне 500 м температура ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , то выпадает снег, если же температура у земли выше  $3^{\circ}\text{C}$ , на уровне 500 м температура выше  $0^{\circ}\text{C}$ , то осадки выпадают в виде дождя. Когда температура у поверхности земли равна  $3^{\circ}\text{C}$ , и на высоте 500 м отмечается температура  $0^{\circ}\text{C}$ , то, как правило, выпадают смешанные осадки (дождь со снегом или снег с дождем). Конечно, критерий  $3^{\circ}\text{C}$  весьма условный, и при прогнозе смешанных осадков он не является достаточным.

### ***Влияние осадков на производство полётов***

Осадки могут существенно осложнять полёты и даже приводить к тяжёлым авиационным происшествиям.

Морозящие осадки могут занимать большую территорию и значительно осложнять полёты по правилам визуального полёта (ПВП), в первую очередь полёты на малых высотах при выполнении задач народного хозяйства.

Обложные осадки образуют обширные зоны вдоль атмосферных фронтов, преимущественно тёплых. Полёты в обложных осадках затрудняются плохой видимостью, особенно при снегопадах. Снижается контрастность всех объектов на земной поверхности, сильно ухудшается ориентировка. При сильном дожде капли могут частично блокировать отверстие приёмника воздушного давления и вызвать занижение показаний указателя скорости. В обложных осадках вследствие трения капель дождя и снежинок о поверхность самолёта могут возникать заряды статического электричества, что создаёт опасную ситуацию. В зонах переохлаждения дождя образуется интенсивное оледенение, особенно опасное для вертолётов.

Длительные обложные осадки приводят к размоканию грунта, выводят из строя на некоторое время грунтовые аэродромы, нарушают регулярность отправления и приёма самолётов.

Ливневые осадки резко ухудшают видимость. В ливневых снегопадах видимость падает часто до нескольких десятков метров и даже ниже. Крупный дождь нарушает нормальное всасывание воздуха реактивным двигателем, приводит к уменьшению числа оборотов его компрессора. Особенно опасен град. Самолет, попадая в зону града, может получить механические повреждения. Возможны вмятины на обшивке самолета или повреждено остекление кабины. На стоянках на аэродромах самолеты также могут быть повреждены градом.

Осадки сильно ухудшают условия посадки самолётов и вертолётов.

Скольжение по ВПП, покрытой снегом, в два раза больше, чем по бетонной ВПП. При посадке самолёта на ВПП, покрытую снегом, пробег значительно увеличивается. Для предупреждения выкатывания самолётов за пределы ВПП — им сообщают коэффициент сцепления.

Вода и слякоть на ВПП при незначительном отклонении самолёта от её оси и неравномерном сцеплении колёс с поверхностью ВПП могут создать развёртывающие моменты, которые не всегда поддаются парированию органами управления самолёта.

При разбеге самолёта с ВПП, покрытой слякотью, может возникнуть гидролиссирование или аквапланирование. Колёса самолёта отбрасывают мощные струи воды и слякоти, самолёт сильно тормозится, длина его разбега значительно увеличивается. Могут создаться такие условия, что самолёт не достигнет скорости отрыва и возникнет опасная ситуация.

## Глава 10.

### Видимость

*Видимость* — степень различимости удалённых предметов или огней (в ночное время). Видимость — один из наиболее важных для авиации метеорологических элементов.

Различают дальность дневной и ночной видимости. Дальность дневной видимости — это то предельное расстояние, на котором удалённый предмет становится неотличим от окружающего его фона, т. е. перестаёт быть видимым. В ночное время дальность видимости определяется по огням. Дальность видимости огней — то расстояние, на котором точечный источник света определённой силы не воспринимается глазом.

Важным для обеспечения авиации является понятие метеорологической дальности видимости (МДВ). МДВ для светлого времени суток — это наибольшее расстояние, с которого можно различить на фоне неба вблизи горизонта чёрный объект с угловым размером более  $15^\circ$ . МДВ для ночного времени — расстояние, на котором при существующей прозрачности воздуха такой объект можно было бы обнаружить, если бы вместо ночи был день.

Различают ещё видимость на ВПП (RVR) — дальность видимости, в пределах которой пилот воздушного судна, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировку покрытия ВПП или огни, которые обозначают контуры ВПП и её осевую линию. Для обеспечения полетов оперативные метеорологические подразделения ведут наблюдения за видимостью. Схемы ориентиров видимости подготавливаются аэродромным метеорологическим органом совместно с аэродромной службой и согласовываются с органом УВД.

На аэродромах, не оборудованных системами посадки, наблюдение за видимостью производится в сторону ВПП и других направлениях. В сводку погоды включается значение видимости, определенное в направлении рабочего старта ВПП. Значение видимости в другом направлении, если оно меньше включенного в сводку погоды, сообщается диспетчеру и дежурному синоптику с указанием направления. На аэродромах, оборудованных системами посадки, наблюдение за видимостью производится вдоль ВПП.

Для обеспечения взлетов и посадок вертолетов и других воздушных судов в условиях различной видимости на летном поле по запросу диспетчера ему передается значение видимости, определенное в направлении, указанном в запросе (если есть или установлены ориентиры).

На аэродромах, где используются системы ОВИ и ОМИ, видимость, измеренная по приборам, пересчитывается по соответствующим таблицам в дальность видимости на ВПП (видимость ОВИ, ОМИ).

Вертикальная видимость — максимальное расстояние в вертикальном направлении, с которого видны и опознаются неосвещённые объекты днём и освещённые объекты ночью.

Наклонная видимость — видимость в наклонном направлении.

Горизонтальная видимость на аэродроме и высота нижней границы облаков составляют основу понятия «минимум аэродрома».

Безопасность посадки самолета в сложных метеорологических условиях может быть обеспечена при некоторых минимальных значениях высоты нижней границы облаков и горизонтальной видимости.

Сочетание минимальных значений этих элементов, при котором обеспечивается безопасность взлета и посадки самолетов и вертолетов называется минимумом погоды. Он устанавливается для самолета, легчика и аэродрома.

**Таблица. Категории точных заходов на посадку и посадок**

<i>Категория</i>	<i>Высота нижней границы облаков (НГО), м (фут)</i>	<i>Горизонтальная видимость, м</i>	<i>Видимость на ВПП (RVR), м</i>
I	60 (200)	≥800м	≥550м
II	30 (100) ≥60 (200)	—	≥350м
IIIA	<30 (100)	—	≥200м
IIIB	<15 (50)	—	50м ≥200м
IIIC	Без ограничений	—	Без ограничений

Если не предоставляется информация о дальности видимости на ВПП (RVR), то заходы на посадку и посадка по приборам по категории II и категории III не разрешаются.

Если информация о дальности видимости на ВПП (RVR) не предоставляется, установление эксплуатационных минимумов аэродрома ниже 800 метров для заходов на посадку и посадок по приборам не разрешается.



## Глава 11.

### Атмосферная циркуляция

Изучение изменений погоды с помощью карт погоды позволило выяснить зависимость между погодой в каждом географическом районе Земли и физическими процессами, происходящими в атмосфере. Эти процессы, изучаемые по картам погоды, т. е. по синоптическим картам, называют синоптическими процессами.

Из всего многообразия воздушных течений в атмосфере можно выделить главные, наиболее значительные по масштабам и наиболее устойчивые, или постоянные во времени. Совокупность крупномасштабных, охватывающих большие географические районы и относительно устойчивых (постоянно существующих) воздушных течений называют общей циркуляцией атмосферы (ОЦА).

Общая циркуляция атмосферы — результат взаимодействия многих факторов, из которых решающими являются:

- неравномерность притока солнечной энергии на разных широтах и в разное время года;
- вращение Земли и действие возникающих при этом инерционных сил (сил Кориолиса);
- неоднородность земной поверхности — наличие суши с различными ориентированными горными хребтами, плато, равнинами, низменностями, а также океанов, морей и озёр с холодными и тёплыми течениями, водных акваторий и участков, покрытых льдом, и т. д.

Существует несколько упрощённых схем общей циркуляции атмосферы, отражающих только самые основные её черты, главные воздушные течения в тропосфере и нижней стратосфере, т. е. так называемые элементы механизма ОЦА.

Одним из важнейших элементов ОЦА являются течения зональной циркуляции, имеющие общее направление движения вдоль кругов широты. Это: преобладающие зимой в полярных районах и круглый год в умеренных широтах западные ветры в тропосфере и нижней стратосфере; северо-восточные ветры пассаты у земной поверхности и в нижней тропо-

сфере в тропических широтах; юго-западные ветры антипассаты в верхней тропосфере и нижней стратосфере в тех же широтах. К течениям зональной циркуляции следует отнести и преобладающие летом восточные ветры в нижней стратосфере и верхней тропосфере в полярных областях. Все перечисленные ветры порождаются неравномерным распределением давления и температуры воздуха над различными широтами Земли.

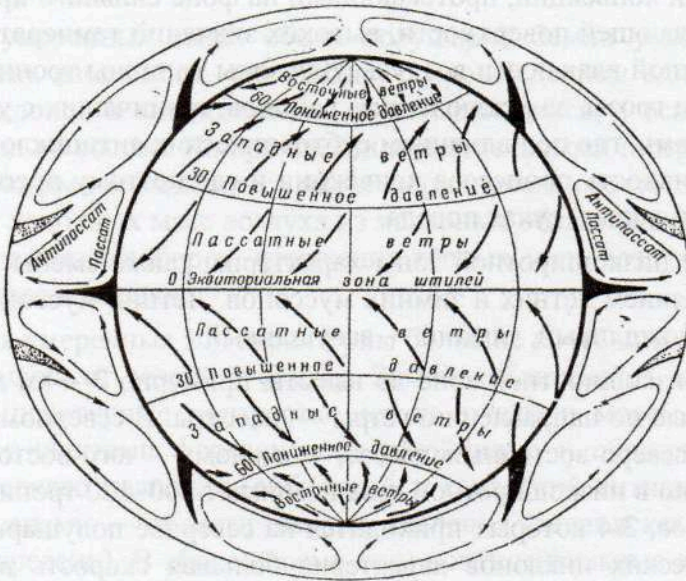


Рис. 11.1. Упрощенная схема общей циркуляции атмосферы

Вторым важнейшим элементом ОЦА являются муссоны — ветры, порождаемые неравномерным нагреванием поверхности океанов и континентов. Летние муссоны направлены с океана на сушу, зимние — наоборот.

Третий элемент ОЦА — это воздушные течения подвижных циклонов и антициклонов, представляющих собой крупномасштабные атмосферные вихри с замкнутой циркуляцией против часовой стрелки (циклоны северного полушария) или по часовой стрелке (антициклоны северного полушария).

Поздним летом и осенью между 5° и 30° широты в обоих полушариях возникают тропические циклоны (ураганы, тайфуны), являющиеся ещё одним существенным элементом ОЦА.

Таким образом, мы видим, что в зависимости от широты наблюдаются некоторые закономерности в распределении элементов общей циркуляции атмосферы. Можно выделить пять таких зон циркуляции:

- 1) низкоширотную зону, лежащую в пределах  $0-30^\circ$  по обе стороны от экватора.

Условия погоды здесь определяются, в первую очередь, процессами конвекции, протекающими на фоне сильного прогрева подстилающей поверхности, высоких значений температуры и абсолютной влажности воздуха. Для зоны типичны тропические ливни и грозы, за исключением районов, граничащих с умеренными зонами, где под влиянием субтропических антициклонов меньше активность процессов конвекции и где поэтому преобладает малооблачная, сухая погода.

Для низкоширотной зоны характерны также смены погоды под влиянием летних и зимних муссонов. Летний муссонный период — дождливый, зимний — засушливый.

В низкоширотной зоне до высоты примерно 3–4 км дуют устойчивые по направлению ветры — пассаты. В северном полушарии — северо-восточный пассат, в южном — юго-восточный. Ежегодно в низкоширотной зоне возникает 100–120 тропических циклонов,  $3/4$  которых приходится на северное полушарие. Для тропических циклонов характерна большая скорость ветра (более 30 м/сек.), что обуславливает очень сильное волнение моря. Тропические циклоны имеют феноменальное явление, которое называется глазом бури (прил. 22). Это центральная часть циклона диаметром в среднем 30–60 км. В этой части тропического циклона наблюдаются нисходящие движения воздуха, что приводит к почти полному отсутствию облаков. Кроме этого глаз бури характеризуется очень низким атмосферным давлением (зарегистрировано минимальное давление в центре тропического циклона — 870 гПа). Глаз бури всегда окружен плотным кольцом кучево-дождевых облаков высотой до 15–18 км, которые дают сильнейшие ливневые дожди и ураганные ветры. Внешняя часть тропического циклона состоит также из кучево-дождевых облаков с ливнями и грозами, интенсивность которых усиливается по мере приближения к центру циклона.

Размер тропических циклонов может быть различным от 300 км в диаметре до 800–900 км. Самые обширные тропические циклоны образуются в бассейне Тихого океана в его северо-западных акваториях;

- 2) и 3) умеренные зоны северного и южного полушарий, лежащие между полярным кругом и 30-й параллелью соответствующего полушария.

В умеренных зонах обоих полушарий Земли условия погоды очень изменчивы, что связано с прохождением один за другим циклонов и антициклонов, перемещающихся, в основном, с запада на восток. Но временами над отдельными географическими районами возникают сильные меридиональные потоки — порывы холодных масс воздуха из полярных областей в сторону экватора или, наоборот, вторжения тёплых масс воздуха из низких широт в высокие.

Для умеренных зон характерны большие колебания температуры воздуха от сезона к сезону. Зимой наблюдаются значительные температурные контрасты между сушей и морем. Зимой над континентами формируются устойчивые и обширные области высокого давления (сибирский и канадский антициклоны), над океанами — области низкого давления (исландская и алеутская депрессии). В тёплое время года континентальные антициклоны разрушаются, а над океанами наблюдается рост давления. Летом очень заметно влияние субтропических океанических антициклонов, гребни которых распространяются в умеренную зону;

- 4) и 5) полярные зоны — арктическая в северном и антарктическая в южном полушарии; расположены за полярным кругом вокруг географических полюсов.

В полярных районах атмосферные процессы круглый год развиваются на фоне низкой температуры воздуха, сохранения льдов, покрывающих значительную часть океанов, а в Антарктиде — и сушу.

Большую роль в формировании условий погоды в полярных зонах, как и в умеренных, играет циклоническая деятельность. Циклоны и в Арктике, и в Антарктике сопровождаются снежными бурями (пурга, буран), штормовыми ветрами при сильных морозах. Суточные изменения погоды выражены слабо из-за полярной ночи зимой и из-за полярного дня летом.

## Глава 12.

### Воздушные массы, их классификация

#### и условия погоды

Большие по объёму массы воздуха в тропосфере, соизмеримые с частями материков и океанов и имеющие более или менее одинаковые свойства, называются воздушными массами. Они перемешаются как единое целое с течениями общей циркуляции атмосферы или какое-то время остаются малоподвижными в каком-либо районе. Под влиянием подстилающей поверхности воздух здесь постепенно изменяет свои свойства. Этот процесс называется трансформацией.

Существуют две основные классификации воздушных масс — термодинамическая и географическая.

Согласно термодинамической классификации, воздушные массы в зависимости от их состояния, влагосодержания и степени нагретости по сравнению с подстилающей поверхностью делятся на устойчивые, неустойчивые, тёплые и холодные.

*Устойчивая воздушная масса* характерна небольшими значениями вертикального градиента температуры, в ней часто наблюдаются слои инверсии, поэтому в такой воздушной массе нет условий для развития конвекции. При высоком влагосодержании воздуха и достижении состояния насыщения образуются облака слоистых форм, из которых могут выпасть осадки в виде мороси, слабого дождя или снега. В приземном слое видимость обычно ограничена из-за дымки или тумана. В тёплое время года в дневные часы чаще всего наблюдается малооблачная погода, а ночью и в ранние утренние часы может наблюдаться дымка, туман, слоистая облачность.

*Неустойчивая воздушная масса* отличается большими значениями вертикального градиента температуры и, как правило, большим влагосодержанием. В такой воздушной массе интенсивно развивается конвективная облачность, выпадают ливневые осадки, которые могут сопровождаться грозами. Над сушей в тёплое время года неустойчивость воздушной массы проявляется чаще всего днём, в послеполуденные часы, а над морем — ночью (образование кучево-дождевых облаков и выпадение

ливневых осадков). Зимой развитие конвективных явлений и выпадение ливневых осадков менее характерно для внутренних континентальных областей, нежели для океанов и морских побережий.

В неустойчивой воздушной массе происходит интенсивное перемешивание нижнего, приземного слоя воздуха с вышележащими слоями. Ветры в такой воздушной массе порывистые, часто сильные. Видимость в приземном слое в неустойчивой воздушной массе лучше, чем в устойчивой, но в зонах выпадения ливневых осадков видимость резко снижается (иногда до нескольких сотен, даже десятков метров), но, как правило, такие ухудшения видимости бывают кратковременными.

Тёплая воздушная масса в приземном слое имеет более высокую температуру, чем подстилающая поверхность. Над сушей тёплые воздушные массы чаще всего отмечаются в холодное время года. Под воздействием холодной поверхности суши они быстро становятся термодинамически устойчивыми, в них возникают приземные инверсии, низкая слоистая облачность, дымки, туманы. Над водными акваториями тёплые воздушные массы чаще наблюдаются весной и летом при переносе воздуха с уже прогретой суши.

Холодная воздушная масса в приземном слое характеризуется более низкой температурой, чем подстилающая поверхность.

Летом над континентами воздушная масса, поступающая с моря, обычно оказывается холодной. Прогреваясь в нижнем слое, она сразу проявляет себя как термодинамически неустойчивая.

Зимой над сушей холодная воздушная масса, как правило, устойчивая, в нижнем слое образуется инверсия с морозной дымкой, туманом и иногда слоистой облачностью. Зимой над континентом в холодной воздушной массе преобладает малооблачная погода из-за сухости воздуха. Понятия «тёплая воздушная масса» и «холодная воздушная масса» — относительные, так как они, в зависимости от того, над какой подстилающей поверхностью находятся, могут быть либо тёплыми, либо холодными.

В соответствии с географической классификацией воздушных масс различают: арктический воздух (АВ) (в южном полушарии — антарктический); воздух умеренных широт (УВ); тропический воздух (ТВ); экваториальный воздух (ЭВ). Кроме того, каждая из перечисленных воздушных масс, за исключением экваториального воздуха, в зависимости от подстилающей поверхности, над которой она формировалась, может быть

континентальной или морской. Таким образом, на картах погоды согласно географической классификации воздушных масс можно обнаружить:

- континентальный арктический воздух (кАВ);
- морской арктический воздух (мАВ);
- континентальный воздух умеренных широт (кУВ);
- морской воздух умеренных широт (мУВ);
- континентальный тропический воздух (кТВ);
- морской тропический воздух (мТВ);
- экваториальный воздух (ЭВ).

Воздушные массы имеют свои особенности и характерные для них в тот или иной сезон года условия погоды. Над территорией России экваториальный воздух не встречается.

## Глава 13.

### Атмосферные фронты

На границах между воздушными массами существуют переходные зоны шириной в несколько десятков и сотен километров с облачной погодой, обычно с осадками и различными метеорологическими явлениями, затрудняющими полёты, а иногда представляющие прямую опасность для самолётов. Эти переходные зоны называются атмосферными фронтами, или фронтальными поверхностями раздела.

Встретившиеся холодные и тёплые массы воздуха продолжают своё движение в сторону той массы, которая движется с меньшей скоростью. Одновременно с ними движется и разделяющая их фронтальная поверхность. В зависимости от направления движения фронтальной поверхности различают холодные и тёплые фронты.

#### 13.1 Тёплый фронт

Фронт называется тёплым, когда тёплый воздух движется быстрее, чем холодный, в сторону воздушной массы с более низкой температурой. После прохождения тёплого фронта обычно наступает потепление.

Приближение тёплого фронта можно заметить по появлению на небе перистых, а затем перисто-слоистых облаков, которые постепенно уплотняются и переходят в тонкие высоко-слоистые облака, а через несколько часов — в плотные непросвечивающие высоко-слоистые облака и, наконец, в слоисто-дождевые, из которых начинают выпадать осадки — дождь или снег (в зависимости от времени года).

По мере перехода от перистых облаков к слоисто-дождевым высота их нижней границы уменьшается. Затем в осадках появляются совсем низкие, стелющиеся над самой землёй разорванно-слоистые или разорванно-дождевые облака. Вся облачность тёплого фронта, за исключением разорванных облаков, находится в тёплой воздушной массе, над поверхностью фронта.

Вся облачная система тёплого фронта формируется при адиабатическом охлаждении тёплого воздуха, поднимающегося вдоль наклонной поверхности фронта. Упорядоченный подъём тёплого воздуха происходит



над клином холодной воздушной массы, отступающей перед оттесняющей её тёплой массой.

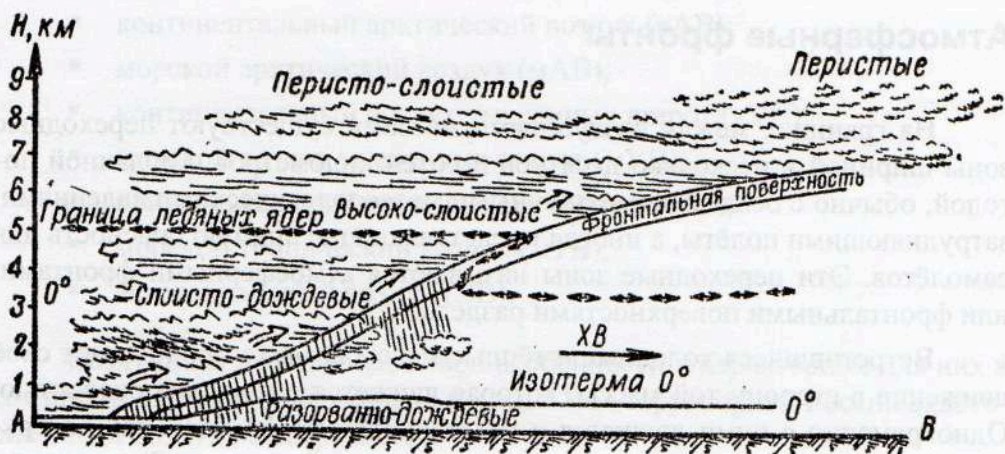


Рис. 13.1. Схема облачной системы теплого фронта

Облака тёплого фронта, в основном слоисто-образные, занимают обширное пространство перед линией фронта. Ширина зоны облаков достигает нескольких сотен километров. Зимой ширина зоны облаков достигает 700 км, зона обложных осадков примерно на одну треть уже. При сильном ветре могут возникать метели. Вертикальная протяжённость облаков на тёплом фронте колеблется от нескольких километров до 10 км и более в зависимости от активности фронта.

Облачность может быть сплошной и многослойной с безоблачными прослойками на разных уровнях. Грозы на тёплом фронте развиваются чаще всего ночью, когда больше проявляется неустойчивость тёплой воздушной массы, и в системе высоко-слоистых — слоисто-дождевых облаков формируются отдельные кучево-дождевые облака.

Ширина зоны облаков и осадков тёплого фронта, как и вертикальная протяжённость облаков, наибольшая в центральной части циклона; на периферии циклона и над антициклоном она заметно уменьшается.

Тёплые фронты, по сравнению с холодными, более пологи: тангенс угла их наклона составляет  $1/100$ – $1/150$ ; скорость перемещения тёплых фронтов меньше, чем холодных, и редко превышает  $40$  км/ч.

У земли при приближении тёплого фронта ветер обычно усиливается и несколько меняет направление, поворачивая влево, а при прохожде-

нии фронта — резко поворачивает вправо. На высотах в тропосфере в зоне тёплого фронта ветер поворачивает вправо и усиливается с высотой.

### 13.2 Холодный фронт

Облака холодного фронта в основном находятся за линией фронта, почти все они появляются после прохождения фронта, когда у земли произошла смена теплой воздушной массы на холодную, поэтому приближение холодного фронта нельзя заметить с большой заблаговременностью. Ширина зоны облаков и осадков у холодных фронтов обычно в 2–3 раза меньше, чем у теплых. Осадки ливневые, сопровождаются резким кратковременным ухудшением видимости и шквалистым ветром. Над сушей холодные фронты активнее днём, а над морем — ночью.

Различают холодные фронты I-го рода, II-го рода и вторичные холодные фронты.

При прохождении холодного фронта I рода сначала появляются низкие слоисто-дождевые облака и разорвано-дождевые, затем — высоко-слоистые и, наконец, — облака верхнего яруса. Осадки, непосредственно за линией фронта очень интенсивные, по мере его удаления ослабевают и постепенно прекращаются.

Ширина зоны облачности редко превышает 300 км, а ширина зоны осадков 200 км. Такая картина типична для холодного времени года, а летом в дневные часы на холодном фронте I рода развиваются кучево-дождевые облака с ливнями и грозами. Скорость смещения холодных фронтов I рода составляет примерно 30–40 км/ч, но на периферии циклонов, когда линия фронта располагается параллельно изобарам на приземной карте, фронт становится малоподвижным или стационарным.

В облаках холодных фронтов I рода обледенение самолетов бывает чаще, чем в облаках теплого фронта. Здесь велика опасность сильной турбулентности и болтанки. Днем в теплое время года велика опасность поражения самолета молнией и градом и в облаках, и под ними. Высота верхней границы кучево-дождевых облаков зимой, в среднем, 4–5 км, редко более 6 км, летом же часто верхняя граница облаков бывает выше 10 км.

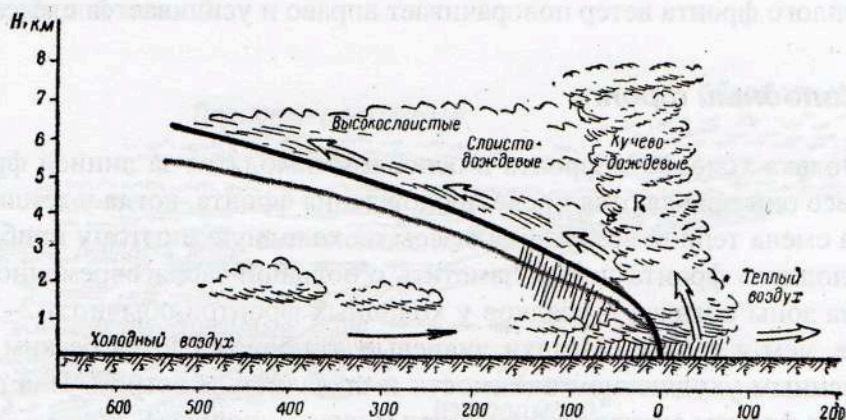


Рис. 13.2. Схема облачной системы холодного фронта первого рода для лета

Ветер у земли с приближением фронта усиливается, в момент прохождения становится сильным, порывистым и может сохраняться таким несколько часов после вторжения холодного воздуха за фронтом. На высоте ветер испытывает левое вращение и усиливается.

Холодный фронт II рода движется со скоростью, в среднем, 50–60 км/ч и более. Ширина зоны облачности и осадков на нем довольно узкая — всего несколько десятков километров. Типичные облака такого фронта — сильно развитые по высоте кучево-дождевые с ливнями и грозами, нередко со шквалами, градом, смерчами.

При быстром перемещении фронта под кучево-дождевыми облаками и несколько впереди них образуется шкваловый ворот. Шкваловый ворот — это вал из низких разорванных облаков, вращающихся вокруг горизонтальной оси. С этим явлением связан сильный порывистый ветер и сильная турбулентность, очень опасная для самолетов.

Наиболее опасны фронты II рода летом в послеполуденные часы. Зимой такие фронты могут сопровождаться сильными снегопадами, кратковременными метелями и снежными зарядами, резко, но не продолжительно ухудшая видимость. За холодными фронтами II рода зоны облачности и осадков чередуются с прояснениями.

Вторичный холодный фронт — это раздел между различными порциями одной и той же холодной воздушной массы. Зимой на вторичных

холодных фронтах местами наблюдаются ливневые снегопады (снежные заряды). Они опасны внезапным и сильным ухудшением видимости, хотя и кратковременным. Летом на этих фронтах, кроме ливневых дождей, могут наблюдаться грозы при сравнительно небольшой вертикальной протяженности отдельных кучево-дождевых облаков. Ширина зоны облачности на вторичных холодных фронтах составляет несколько десятков километров, а зона осадков — около 10 км.

### 13.3 Фронты окклюзии

Это сложные по структуре атмосферные фронты, образующиеся при смыкании двух основных фронтов — холодного и теплого. Смыкание фронтов происходит из-за различия скоростей их движения. В системе развивающегося циклона холодный фронт движется быстрее теплого. При разных скоростях движения через некоторое время холодный фронт догоняет теплый, и, когда у поверхности земли они смыкаются, образуется фронт окклюзии (рис. 13.3). В верхней части нового фронта некоторое время сохраняются признаки как теплого, так и холодного фронта. Внизу формируется облачность фронта окклюзии как раздел между двумя холодными воздушными массами, которые раньше находились в передней и тыловой части циклона, а с момента окклюдирования вошли в соприкосновение друг с другом. В зависимости от того, какая из двух воздушных масс (в передней или тыловой части циклона) относительно теплее, формируется фронт окклюзии или по типу теплого, или по типу холодного фронта.

В целом, фронты окклюзии менее активны, чем основные атмосферные фронты. Фронты окклюзии наблюдаются в заполняющихся циклонах, в которых постепенно облачность размывается, осадки ослабевают. Иногда фронты окклюзии на некоторое время приобретают характер основных фронтов и приносят очень сложные условия погоды. Осадки могут выпадать по обе стороны от линии фронта у поверхности земли.

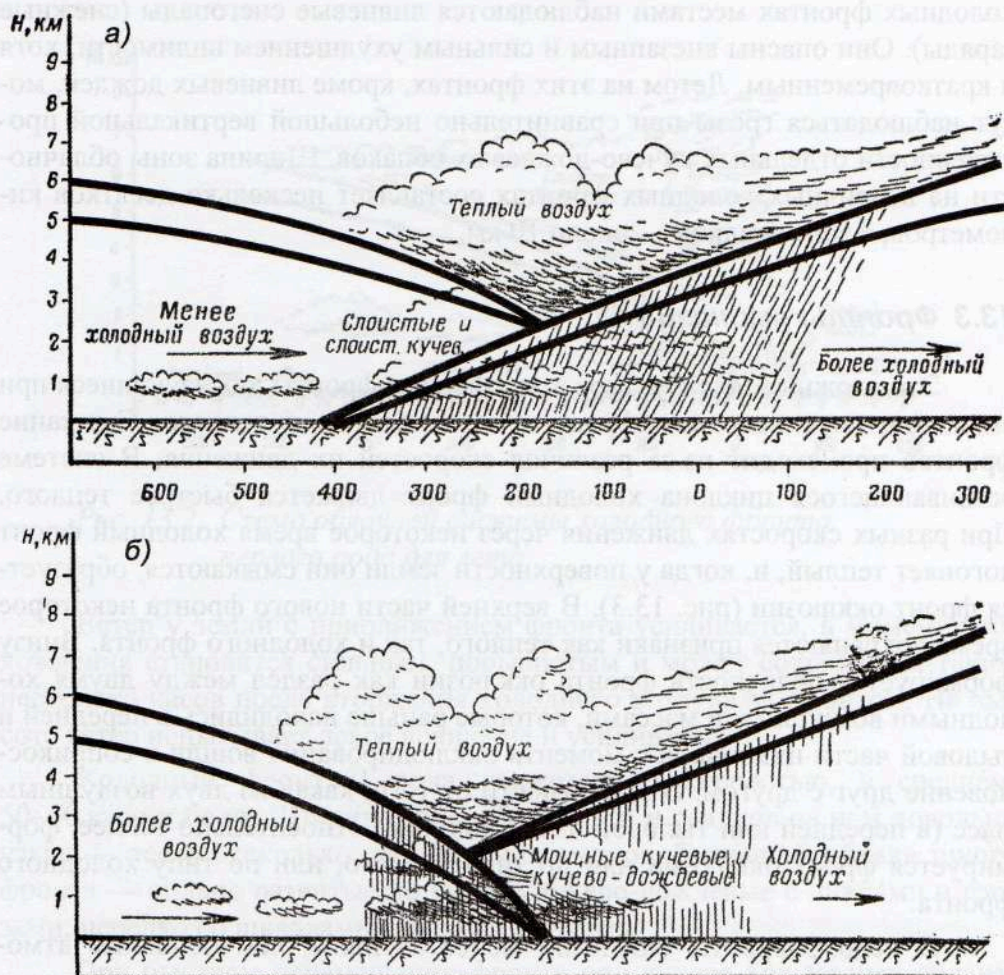


Рис.13.3. Схема образования фронта окклюзии при смыкании холодного фронта с теплым  
 а — по типу теплого, б — по типу холодного

Рассмотренные атмосферные фронты наиболее четко выражены в нижней тропосфере, где их можно проследить по контрастам в значениях метеозлементов в воздушных массах, разделенных фронтами. В средней и верхней тропосфере различия между воздушными массами не всегда выражены так четко, как в слое трения. На высотах переход от одной воздушной массы к другой не такой резкий, он более плавный. На картах ба-

рической топографии (высотных картах) верхние участки часто представляют собой области со сгущением изогипс. В таких участках атмосферы создаются значительные горизонтальные градиенты температуры и давления и эти участки называются высотными фронтальными зонами (ВФЗ).

С высотными фронтальными зонами связаны участки атмосферы с большими скоростями ветра, превышающими 100 км/ч — струйными течениями (Приложение 17).

Струйное течение — это достаточно сильный узкий воздушный поток с почти горизонтальной осью. Длина их может достигать тысячи и даже десятков тысяч километров, а ширина — сотни километров. Толщина (вертикальная мощность) — сотни метров, иногда несколько километров. Сердцевина струйного течения с максимальной скоростью называется осью струйного течения. Скорость ветра на оси струйного течения может достигать 300–500 км/ч, иногда даже 700–800 км/ч.

Ось струйного течения обычно располагается в теплом воздухе примерно на 1–2 километра ниже тропопаузы. Левая сторона от оси струйного течения обычно холодная и называется циклонической, а правая — теплая и называется антициклонической. На циклонической стороне струйного течения горизонтальные сдвиги ветра примерно в полтора раза превышают сдвиги ветра, которые наблюдаются на его правой стороне. Поэтому болтанка на циклонической стороне струйного течения бывает чаще и, как правило, более сильная. Эта болтанка, которая возникает обычно при ясном небе, обусловлена турбулентностью, которая называется турбулентностью ясного неба (ТЯН).

## Глава 14.

### Грозы и шквалы

*Гроза* — это комплекс атмосферных явлений, характеризующийся интенсивным облакообразованием и многократными электрическими разрядами в виде молний.

При грозовой деятельности в атмосфере развиваются мощные кучево-дождевые облака. В комплекс явлений, сопровождающих грозу, входят: ливневые осадки, град, электрические разряды в виде молний, шквалы, сильная турбулентность, сдвиги ветра, сильное обледенение, смерчи. Все эти явления представляют опасность для полетов. Но не каждая гроза сопровождается всеми этими явлениями в совокупности.

По условиям образования грозы подразделяются на внутримассовые и фронтальные.

Внутримассовые грозы образуются в неустойчивых воздушных массах в результате термической конвекции в размытом барическом поле — на периферии заполняющихся циклонов или в седловинах, или подъема воздуха вдоль наветренных горных склонах (орографические грозы).

Наиболее опасны фронтальные грозы. Наблюдаются в летнее время на холодных фронтах и фронтах окклюзии. На теплых фронтах грозы возникают преимущественно ночью. Грозовая деятельность тем интенсивнее, чем больше контраст температур на фронтальном разделе. Длина зоны с грозами вдоль фронта может достигать 1000 км и более, а ширина зоны — 30–50 км.

При полетах вблизи грозового облака не исключено попадание молнии в самолет. Удар молнии может разгерметизировать кабину самолета, привести к пожару, травмированию пассажиров и экипажа, разрушению электрических и радиотехнических устройств. Во избежание опасности воздушным судам всех типов входить в кучево-дождевые облака категорически запрещается.

Опасность для самолетов и вертолетов представляют:

- 1) интенсивная турбулентность, вызывающая очень сильную болтанку, создающую перегрузки, угрожающие прочности летательных аппаратов;

- 2) порывистые восходящие и нисходящие потоки воздуха с большими скоростями, приводящие к внезапным броскам самолетов и вертолетов;
- 3) интенсивное обледенение в облаках;
- 4) электрические разряды в виде молний;
- 5) шквалистый ветер под облаками;
- 6) интенсивные ливневые осадки и град;
- 7) сильные атмосферные радиопомехи, нарушающие радиосвязь самолетов и вертолетов с землей;
- 8) смерчи.

Опасен полет и под грозовым облаком. Шквалистый ветер и нисходящие потоки воздуха вызывают резкие вертикальные броски самолета к земле. В сильных ливневых осадках видимость может оказаться ниже минимума. Облет грозового облака не всегда возможен, так как высота верхней границы облака может быть больше предельно допустимой высоты полета и практического потолка самолета. Кроме того, вблизи верхней границы облака, в слое несколько сотен метров, бывает еще сильная турбулентность и может случиться, что в результате сильного броска вниз самолет окажется внутри грозового облака. Большую опасность представляет также обледенение самолета в грозовых облаках. Вследствие большой влажности и смешанной структуры облаков обледенение здесь особенно интенсивно.

Реальной угрозой для полета являются электрические разряды в виде молнии. Удар молнии в самолет может привести к его гибели. Молнии ударяют в самолет чаще всего вблизи нулевой изотермы. Чем больше скорость полета, тем больше вероятность поражения самолета молнией, так как увеличивается электризация самолета из-за трения о его поверхность капель облака и снежинок. Электрическое поле окружающего пространства приобретает большой потенциал, и наэлектризованный самолет может стать возбудителем электрического заряда.

Грозовая деятельность со шквалами и смерчами представляет угрозу для всего аэродромного хозяйства. Шквалы возникают в передней части грозового облака вследствие оседания охлажденного воздуха, вызванного выпадающими осадками. Опускающийся из облака воздух сталкивается с земной поверхностью и с большой скоростью растекается в стороны. Обычно шквалу предшествует прохождение в передней части



грозового облака крутящегося вала облаков. Ось этого вихря имеет горизонтальное направление, а сам вал располагается над землей 500 метров и ниже. Этот вихрь получил название «шквального ворота». Образование «шквального ворота» связано с наличием в передней части грозового облака зоны, где происходит встреча двух противоположных течений воздуха — восходящего потока перед облаком и нисходящего потока холодного воздуха из-под облака. Поэтому в передней части вихря имеет место восходящий поток, а в тыловой — нисходящий. Сразу после прохождения этого вихря возникает шквал.

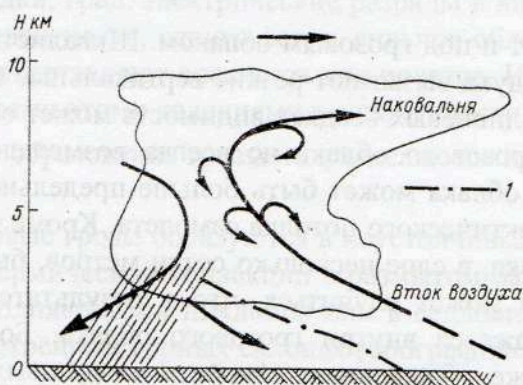


Рис. 14.1. Схематическое изображение вертикальных токов в развитом грозовом облаке  
1 — фронт порывистости ветра)

Шквалы очень опасны для всех воздушных судов, находящихся в воздухе, а также и для всей авиационной техники и различных построек, находящихся на аэродроме. Резкие шквальные усиления ветра, достигающие ураганной силы, могут причинить значительные разрушения. Встреча самолета со шквалом в полете из-за сильной турбулентности и близости земной поверхности могут привести к столкновению с землей. Это одна из главных причин, почему полеты под кучево-дождевыми облаками запрещены.

Попадание самолета или вертолета в грозу относится к особым случаям полета, поэтому встреча с грозой требует от экипажа максимального внимания и строгого выполнения существующих требований и рекомендаций для ее обхода. Если на воздушной трассе ожидаются грозы, то в

период предполетной подготовки экипаж обязан очень тщательно проанализировать по аэросиноптическим материалам метеорологическую обстановку, оценить характер гроз, их местоположение, скорость и направление смещения, верхнюю границу облаков, характер рельефа и местности, наметить возможные маршруты обхода гроз. Диспетчерская служба обязана информировать экипажи, находящиеся в полете, используя информацию метеорологического органа, а также сообщения о погоде с бортов воздушных судов.

Для обеспечения безопасности и регулярности полетов самолетов и вертолетов на метеостанциях за грозами ведутся визуальные и инструментальные наблюдения. Визуальные наблюдения основаны на фиксировании грома и молний, которые из-за шума, создаваемого самолетами, и освещения аэропортов сильно замаскированы. Для инструментальных наблюдений за грозами, в основном, используют метеорологические радиолокаторы (МРЛ, КРАМС, КРАМС-2 и др.). МРЛ дают наиболее полную информацию о грозовой деятельности в районе аэропорта в радиусе 200–300 км. С помощью МРЛ определяются направление и скорость перемещения грозовых очагов, расстояние до гроз, высоту верхней границы грозовых облаков.

В период полетов наблюдения с помощью МРЛ проводятся круглосуточно. При обнаружении в районе аэродрома очагов с грозоопасными кучево-дождевыми облаками или интенсивными ливневыми осадками, шквалами, наблюдения в радиусе 100 км проводятся через 15 минут в режиме «шторм». Результаты наблюдений оформляются в виде радиолокационных карт. О возникновении (или наличии) гроз в районе аэродрома составляется предупреждение по аэродрому.

Во многих странах для обеспечения безопасности и наблюдений за грозовой деятельностью используют Доплер-радары. В нашей стране установлен Доплер-радар в аэропорту Внуково и скоро он будет введен в действие. Данные доплеровского метеорологического локатора ДМРЛ-С позволят видеть контуры облачности, воздушные течения в облаках, опасные явления (грозы, град, шквал и др.), а также сдвиги ветра.

## Глава 15.

### Обледенение самолётов и вертолётов

Обледенением называется отложение льда на различных частях самолёта и вертолёта во время полёта в облаках, осадках или тумане. Оно возникает при определённых метеорологических условиях и значительно осложняет полёт, а при интенсивном нарастании льда может сделать его невозможным.

В зависимости от интенсивности обледенения (толщины слоя льда, отлагающегося на поверхности воздушного судна в единицу времени (обычно в мм/мин) обледенение может быть слабым (интенсивность менее 0,5 мм/мин), умеренным (интенсивность от 0,51 мм/мин – 1,0 мм/мин), сильным (интенсивность от 1,0 мм/мин – 2,0 мм/мин) и очень сильным (интенсивность более 2,0 мм /мин).

К важной характеристике обледенения относится также степень обледенения – это суммарное отложение льда за время пребывания воздушного судна в зоне обледенения. Степень обледенения возрастает, если полет в условиях обледенения при одной и той же интенсивности более продолжителен.

Различные типы самолётов и вертолётов обледеневают в полёте неодинаково. Современные самолёты с большими крейсерскими скоростями, оборудованные противообледенительными системами, менее подвержены опасному обледенению.

Отложение льда на различных частях самолётов и вертолётов оказывает существенное влияние на их лётные качества и выполнение полёта. Прежде всего, оно влияет на управляемость и устойчивость воздушного судна.

При обледенении крыла нарушается нормальное обтекание его воздушным потоком, происходит преждевременный срыв потока и снижение подъёмной силы крыла. Лёд, отлагающийся на передней кромке стабилизатора, ухудшает устойчивость и управляемость самолёта на режимах предпосадочного планирования.

При максимальном полётном весе опасно дальнейшее увеличение веса из-за отложения льда.

На самолётах с турбореактивными двигателями лёд может отложиться на входном канале и непосредственно на входе в компрессор двигателя. Вследствие этого уменьшается расход воздуха, понижается коэффициент полезного действия компрессора, нарушается устойчивый режим его работы, увеличивается расход топлива, уменьшается тяга двигателя и даже может произойти его остановка.

Отложение льда на приемных устройствах, воздухозаборниках и дренажных трубках приводит к искажению показаний указателей скорости и высоты, вариометра, а также к нарушению топливных и масляных систем. Из-за отложений льда на антенне может нарушиться радиосвязь. Покрытие льдом остекления кабины пилотов ухудшает обзор и затрудняет выполнение посадки. Особенно опасно обледенение вертолётов. Наиболее опасно обледенение воздушных винтов, поскольку нарушается их весовая симметрия, начинается интенсивная вибрация и тряска. На лопасти винта лёд отлагается неравномерно, больше всего в комлевой части лопасти.

Обледенение на поверхности воздушных судов может быть различным по своей форме. В зависимости от формы отложения льда на поверхностях воздушных судов зависит из степени опасности.

Обледенение может быть профильным, когда отложения льда повторяют профиль поверхности. Профильное обледенение считается менее опасным, т.к. почти не ухудшает аэродинамические качества воздушного судна. Чаще всего такое обледенение возникает при температурах ниже минус  $20^{\circ}\text{C}$ .

Наиболее опасно желобковое обледенение, при котором отложения льда в поперечном разрезе имеют форму желоба. Такое отложение сильно ухудшает аэродинамические качества воздушных судов. Чаще всего оно возникает при полете в зонах переохлажденного дождя при температурах выше минус  $20^{\circ}\text{C}$ .

При температурах немного ниже  $0^{\circ}\text{C}$  может возникать бесформенное обледенение чаще всего за пределами лобовых частей.

Обледенение самолётов может происходить в слое от земной поверхности до высот 10–12 км, однако в 80 % случаев оно бывает на высотах менее 4 км. Продолжительность обледенения чаще всего не превышает 5 мин., но бывают случаи, когда оно длится 30 мин. и более.

Причинами обледенения являются два основных процесса:

- 1) сублимация водяного пара на поверхности воздушных судов, когда температура поверхности ниже температуры воздуха;
- 2) замерзание переохлаждённых капель, сталкивающихся с лобовыми частями воздушного судна в полёте.

Первый процесс наблюдается также при стоянке самолёта и вертолётa на земле.

Характер и интенсивность обледенения самолётов и вертолётов зависят от температуры, влажности облака, размеров капель. Температура является одним из основных факторов. Обледенение возможно при температурах от 0 °С до минус (42–45)°С. Наиболее часто в интервале температур от 0°С до минус 25°С, особенно в интервале от 0°С до минус 12°С. А при очень низких температурах минус (42–45) °С обледенение бывает лишь слабое и достаточно редко.

Обледенение наблюдается как во внутримассовых, так и во фронтальных облаках. В однородных воздушных массах обледенение возможно в слоистых, слоисто-кучевых, высококучевых, мощных кучевых и кучево-дождевых облаках.

На тёплых фронтах и тёплых фронтах окклюзии обледенение наиболее интенсивно в нижней части слоисто-дождевой облачности, вблизи фронтальной поверхности, особенно в тех случаях, когда фронты движутся медленно, вертикальная протяжённость облаков невелика и из них не выпадают обложные осадки.

В зоне тёплого фронта иногда выпадает переохлаждённый дождь, образующий гололёд. Это очень опасное явление. Попадание самолётов и вертолётов в зону переохлаждённого дождя приводит к самому интенсивному обледенению (до 5 мм/мин). Ширина опасной зоны с переохлаждённым дождём перед тёплым фронтом должен составлять 100–200 км.

Существенное влияние на обледенение оказывает рельеф местности. С наветренной стороны горных хребтов и возвышенностей увеличивается вертикальная протяжённость облаков и их влажность. Поэтому в горах, особенно на их наветренных склонах, обледенение в облаках более интенсивное, чем над равнинной местностью.

### **Способы борьбы с обледенением**

В настоящее время практически на всех воздушных судах имеются средства защиты от обледенения. Способы борьбы с обледенением делятся на механические, физико-химические и тепловые.

Механический способ заключается в механическом удалении отложившегося льда с передних частей крыльев. Этот способ в настоящее время устарел.

Физико-химический способ обычно используют для защиты от обледенения воздушных винтов и лобовых стёкол кабины. Жидкостные противообледенительные системы, основанные на данном способе, эффективно действуют как средство, препятствующее образованию льда, а не как средство, удаляющее образовавшийся лёд. Недостатком систем этого типа является ограниченность их работы во времени.

Тепловой способ защиты от обледенения основан на использовании тепла, забираемого от двигателя или специальной установки. Применяются воздушно-тепловые системы непрерывного действия, использующие горячий воздух, который отводится от компрессоров двигателя, электротепловые противообледенительные устройства периодического действия.

В целях безопасности необходимо до минимума сокращать время пребывания воздушного судна в зоне обледенения.

## Глава 16.

### Турбулентность атмосферы

Турбулентностью атмосферы называется такое ее состояние, при котором в воздухе образуются вихри различных размеров, возникают вертикальные и горизонтальные порывы ветра.

По условиям образования различают термическую и динамическую турбулентность.

Термическая турбулентность чаще всего наблюдается в нижней тропосфере (до высоты 3–4 км). Возникает она в результате неравномерного нагревания земной поверхности и из-за больших вертикальных градиентов температуры. Наибольшей интенсивности термическая турбулентность достигает обычно в теплое время года в дневные часы в холодных неустойчивых воздушных массах. При термической турбулентности возникают как беспорядочные, так и упорядоченные восходящие и нисходящие движения воздуха, образуются кучевые, мощные кучевые и кучево-дождевые облака. Термическая турбулентность типична для летнего времени в период с 11 до 16 часов местного времени, когда происходит наиболее сильный прогрев. Наличие облачности приводит к ослаблению турбулентности, так как поступает меньше тепла от солнца.

Динамическая турбулентность возникает из-за трения движущегося воздуха о неровности земной поверхности и из-за неоднородности воздушных потоков по скорости и направлению. В равнинной и холмистой местности трение воздуха о земную поверхность обуславливает возникновение динамической турбулентности в приземном слое (до 1 км). В горной местности турбулентность может распространиться вплоть до тропопаузы.

В свободной атмосфере динамическая турбулентность возникает в тех слоях, где наблюдается большая изменчивость ветра по высоте и горизонтали. Ее характеристикой является сдвиг ветра. При отсутствии кучевообразных облаков турбулентность, наблюдаемую в атмосфере на высотах более 5 км, называют турбулентностью при ясном небе (ТЯН).

В свободной атмосфере турбулентность развивается чаще всего там, где наблюдается сходимоссть и расходимоссть воздушных потоков, в области струйных течений. Так же она может наблюдаться на границах слоев инверсии и изотермии.

Во время полета в турбулентной зоне воздушное судно подвергается воздействию вертикальных и горизонтальных движений воздуха. При этом изменяется угол атаки крыла и подъемная сила, возникает тряска и вибрация, воздушное судно испытывает неупорядоченные броски вверх и вниз, создаются перегрузки. Такое явление называют болтанкой. Интенсивность болтанки оценивается приращением перегрузки ( $\Delta g$ ), выраженным в долях ускорения свободного падения ( $g$ ). Если приращение перегрузки  $0,51 \geq \Delta g \geq 1,0$ , то турбулентность считается умеренной, если  $\Delta g \geq 1,1$ , то турбулентность считается сильной. При посадке и взлете приращение перегрузки  $0,3 \geq \Delta g$  — умеренная турбулентность, и сильная, если  $\Delta g \geq 0,4$ .

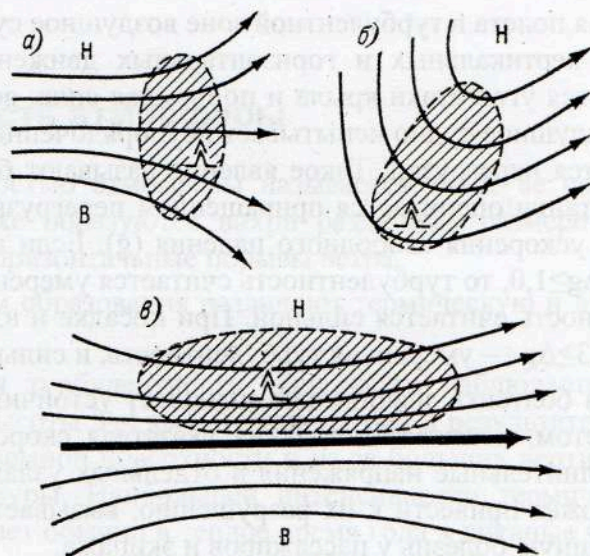
Сильная болтанка значительно ухудшает устойчивость и управляемость самолетом, искажает показания указателя скорости, высотомера, создает дополнительные напряжения в отдельных узлах и деталях самолета, даже может привести к их разрушению, вызывает утомляемость, а иногда воздушную болезнь у пассажиров и экипажа.

При встрече с интенсивным восходящим потоком воздуха самолет испытывает бросок вверх и может перейти в пикирование с недопустимым увеличением скорости. В нисходящем потоке происходит бросок вниз, и воздушное судно может выйти на большие углы кабрирования с недопустимым снижением скорости.

Очень часто возникает турбулентность в горных районах, которую называют орографической.

Воздушный поток, обтекая горное препятствие, часто формирует на подветренной стороне его вихри различных размеров (горные волны), которые способствуют возникновению зон повышенной турбулентности. Горные волны чаще всего образуются за горными препятствиями высотой до 1500 м. Средний диаметр горных волн около 600 м. Турбулентность за горным препятствием часто прекращается на удалении от него больше 20–30 км. Но в высоту турбулентность часто может наблюдаться до уровней в 3–4 раза превышающих само горное препятствие.





*Рис. 16.1. Наиболее вероятные зоны повышенной турбулентности по данным карт АТ*

На воздушных трассах турбулентные зоны располагаются очагами. Участки с повышенной турбулентностью чередуются со спокойными участками. Турбулентная зона неустойчива во времени. Они могут исчезнуть через 30–50 минут после возникновения. Чаще всего турбулентные зоны существуют до тех пор, пока не произойдет изменение метеорологических факторов, которые вызывают усиление или затухание турбулентности. Крайне редко отмечается существование зон турбулентности более 6 часов. Толщина зон турбулентности чаще всего составляет 300–600 метров. Максимальная длина зон турбулентности составляет 70–90 км.

В авиационной практике чаще всего турбулентность развивается в виде очагов, где наблюдается сходимость и расхождение воздушных потоков, в области струйных течений. Так же она может наблюдаться на границах слоев инверсии и нисходящих.

## Глава 17.

### Задачи и организация метеорологического обеспечения полётов

Метеорологическое обеспечение является одним из основных специальных видов обеспечения деятельности авиации. Оно организуется в целях наиболее эффективного использования условий погоды для организации, выполнения, обеспечения полётов и управления воздушным движением. Главное его предназначение — обеспечение безопасности полётов в метеорологическом отношении.

Успешное выполнение этой задачи достигается:

- чёткой организацией работы метеорологических подразделений по сбору, обработке и анализу исходных метеорологических данных и высококачественной разработкой авиационных прогнозов погоды;
- чётко организованным оповещением и предупреждением руководства авиапредприятий, лётного состава и служб движения об опасных явлениях погоды;
- применением наиболее совершенных форм и методов прогнозирования погоды в практике метеорологического обеспечения и эффективным использованием новых технических средств;
- хорошо налаженным взаимодействием метеорологических подразделений с диспетчерскими и другими подразделениями авиакомпаний (авиапредприятий).

Для обеспечения безопасности ни один полёт в гражданской авиации не совершается без предварительного тщательного анализа погоды и её влияния на полёты. В связи с этим и организуется метеорологическое обеспечение полётов.

В России метеорологическое обеспечение гражданской авиации организует Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), подчиняющееся Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Порядок метеороло-

гического обеспечения полётов определяется «Наставлением по метеорологическому обеспечению гражданской авиации» 1995 г. (НМО ГА-95).

Непосредственное метеорологическое обеспечение гражданской авиации осуществляют оперативные подразделения Росгидромета, которые находятся в аэропортах (на аэродромах). К ним относится Федеральное государственное бюджетное учреждение Главный авиаметеорологический центр (ФГБУ ГАМЦ Росгидромета), осуществляющий метеорологическое обеспечение в аэропортах Москвы и Московской области.

К аэродромным метеорологическим органам относятся авиаметеорологические центры (АМЦ), авиаметеорологические станции с синоптической частью (АМСГ I, II, III разрядов), авиаметеорологические станции без синоптической части (АМСГ IV разряда) и оперативные группы (ОГ).

Выполняя свои задачи и функции, аэродромные метеорологические органы получают и используют информацию других метеорологических органов, включая авиационные прогностические карты погоды зональных авиаметеорологических центров (ЗАМЦ), Главного авиаметеорологического центра (ФГБУ ГАМЦ), Регионального центра зональных прогнозов (РЦЗМ) Москва, а также данные зарубежных метеорологических органов и банков оперативных метеорологических данных, например, ВЦЗП Лондон.

В настоящее время прогнозы ветра и температуры на высотах для стандартных эшелонов полета 50 (850 гПа), 100 (700 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа), 300 (300 гПа), 340 (250 гПа), 390 (200 гПа), 450 (150 гПа), 530 (100 гПа) готовятся ВЦЗП Лондон (резерв Вашингтон) четыре раза в сутки после сбора синоптических данных в 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 UTC. Действительны они на 6, 12, 18, 24, 30 и 36 часов.

Карты прогноза особых явлений погоды, подготовленные ВЦЗП Лондон, выпускаются четыре раза в сутки по исходным данным за 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 UTC сроком на 24 часа и действительны они на 00, 06, 12, 18 час. UTC.

Карты особых явлений выпускаются для следующих эшелонов полета:

- а) между эшелонами полета 250–630 — высокий уровень SWH;
- б) между эшелонами полета 100–250 — средний уровень SWM (для ограниченных географических районов).

На картах отражены сведения, касающиеся:

- а) гроз;
- б) тропических циклонов;
- в) линий сильных шквалов;
- г) умеренной или сильной турбулентности;
- д) умеренного или сильного обледенения;
- е) обложной песчаной (пыльной) бури;
- ж) облачности, связанной с явлениями, указанными в подпунктах а) — е), для эшелонов полета 100–250;
- з) кучево-дождевых облаков, связанных с явлениями, указанными в подпунктах а) — е) для эшелонов полета выше 250;
- и) местоположения поверхности точно определенных зон конвергенции;
- к) местоположение поверхности, скорости и направления движения фронтальных систем, когда они связаны с ОЯП по маршруту;
- л) высот тропопаузы;
- м) струйных течений с указанием протяженности СТ;
- н) места вулканических извержений;
- о) места аварийного выброса радиоактивных материалов в атмосферу.

Главной задачей оперативных подразделений Росгидромета является обеспечение безопасности полётов в метеорологическом отношении, содействие повышению регулярности и экономичности полётов.

Гражданская авиация предъявляет к метеорологическому обеспечению определённые требования. Оно состоит в том, чтобы метеорологическое обеспечение было своевременным, полным и высококачественным.

Своевременность метеорологического обеспечения означает обеспечение командного и лётного состава, работников службы движения и других должностных лиц гражданской авиации необходимой метеорологической информацией в установленные сроки, согласно заявкам или в периоды времени, вытекающие из документов, определяющих порядок метеорологического обеспечения. Своевременность обеспечения включает также обеспечение данными об опасных для авиации метеорологических явлениях для принятия заблаговременных мер по обеспечению без-

опасности полётов, сохранности материальной части на земле, снижения материального ущерба от стихийных явлений природы.

Полнота метеорологического обеспечения заключается в предоставлении метеорологической информации о фактическом и ожидаемом состоянии погоды, по объёму и содержанию достаточной для оценки и учёта метеорологических условий, как в период планирования лётной работы, так и во время принятия решения на осуществление полётов.

Высокое качество метеорологического обеспечения заключается в его результатах, в действенности обеспечения и помощи руководству, лётному и диспетчерскому составу по выполнению регулярных полётов с высокими экономическими показателями без авиационных происшествий и предпосылок к ним по метеорологическим условиям.

К основным принципам метеорологического обеспечения относятся непрерывность, оперативность, эффективность и надёжность.

Непрерывность метеорологического обеспечения состоит в непрерывной работе метеорологических подразделений, обеспечивающих полёты, в готовности в любое время предоставить необходимую метеорологическую информацию согласно заявкам и установленному порядку.

Оперативность (своевременность) реализуется в быстром осуществлении мероприятий по обеспечению полётов. Она базируется на знании задач, решаемых лётными подразделениями, на знании расписания движения самолётов и заявок на метеорологическое обеспечение, на внесении корректив в запланированную работу, в том числе на внесении корректив в ранее выданные прогнозы погоды, если характер погоды неожиданно изменился и прогнозы погоды не оправдываются.

Эффективность метеорологического обеспечения состоит в его результативности, действенности.

Надёжность метеорологического обеспечения — это степень безотказности работы личного состава и технических средств.

## Глава 18.

# Метеорологическая информация, используемая при метеорологическом обеспечении авиации

Одним из видов оперативной деятельности метеорологических подразделений в аэропортах являются метеорологические наблюдения за фактической погодой и составление сводок о ней. Наблюдения производятся за количеством и формой облаков, высотой их нижней границы (вертикальной видимостью), горизонтальной видимостью, метеорологическими явлениями, направлением и скоростью ветра, атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха, закрытием гор и искусственных препятствий, если они есть вблизи аэродрома и осложняют взлёт и посадку самолётов и вертолётов.

Метеорологические наблюдения в аэропортах производятся ежедневно; при выполнении полётов на аэродроме и в тех случаях, когда аэродром является запасным, они ведутся через каждые 30 мин. Если погода становится близкой к наивысшему минимуму аэродрома для посадки воздушных судов, начиная с высоты нижней границы облаков, большей этого минимума на 100 м, или с видимости, большей минимума на 500 м, а также при скорости ветра, равной максимально допустимой (с учётом направления), производятся учащённые наблюдения за этими элементами — через 15 мин. По запросу диспетчера в любое время производятся дополнительные метеорологические наблюдения.

В период между указанными сроками осуществляются наблюдения за всеми изменениями погоды, особенно за возникновением, развитием и окончанием опасных для авиации метеорологических явлений.

Метеорологические наблюдения ведутся как визуально, так и инструментально. Для инструментального наблюдения используются автоматические метеорологические станции КРАМС. Система наблюдений за метеорологическими элементами последнего поколения называется АМИС-РФ — аэродромная метеорологическая информационно-измерительная система. Эти системы позволяют осуществлять метеонаблюдения, обработку, распространение и отображение информации в режиме реального времени. Данные наблюдений отображаются на мониторе у наблюдателя. Задача наблюдателя получить эту информацию, обра-

ботать в соответствующей форме в систему кодов и передать потребителям. С оперативного пункта наблюдения (ОПН) производятся визуальные наблюдения за количеством и формой облаков, за явлениями погоды и за видимостью по схеме ориентиров видимости, в случае одновременного выхода из строя основных и резервных измерителей видимости.

Должностными лицами АМСГ (АМЦ) и аэропорта в каждом аэропорту составляется Порядок и Инструкции производства метеорологических наблюдений на данном аэродроме и доведения метеоинформации до работников управления воздушным движением с учётом конкретных условий аэропорта. В документе отражается место и сроки предоставления метеорологической информации диспетчерам службы движения.

Официальными данными о погоде на аэродроме, по которым принимается решение на взлёт и посадку самолётов и вертолётов, являются данные наблюдений АМСГ (АМЦ). В последние годы экипажи воздушных судов могут получать метеоинформацию от полетных диспетчеров или из автоматизированных систем метеообеспечения (SITA, Jeppesen и др.).

Для обеспечения безопасности полётов большое значение имеет своевременная информация лётного состава и работников службы движения о возникновении (или усилении) опасных для авиации метеорологических явлений или об их прогнозе.

Прогноз возникновения (усиления) опасного для авиации явления погоды называется предупреждением.

Предупреждение по аэродрому выпускается дежурным синоптиком в связи с фактическим или ожидаемым возникновением одного или нескольких явлений: грозы, града, сильного снегопада, продолжительностью более 2 часов, переохлажденных осадков (гололеда), шквала или смерча, пыльной или песчаной бури, ветра со скоростью 15 м/сек и более (с учетом порывов) независимо от направления, перехода температуры через 0 °С к отрицательным значениям, понижением температуры до -30 °С и ниже или повышение до +30 °С и выше.

По аэродрому выпускаются предупреждения о сдвиге ветра. Они содержат краткую информацию о наблюдаемом или ожидаемом сдвиге ветра, который может оказать неблагоприятное воздействие на воздушное судно на траектории захода на посадку или взлета в слое от уровня ВПП до 500 м.

Поскольку у каждого аэродрома обычно имеется несколько минимумов погоды для взлёта и посадки самолётов, предельное значение для подачи предупреждений, как правило, устанавливается с учётом наивысшего минимума. Аналогичным образом устанавливаются предельные значения скорости ветра с учётом направления (боковая составляющая), допустимые для взлёта и посадки самолётов. При этом за основу берётся наименьшее её значение с учётом типов воздушных судов.

### *Метеорологическое обеспечение полётов в гражданской авиации*

Основным документом в нашей стране, на основании которого осуществляется метеообеспечение полетов гражданской авиации, является «Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации — НМО ГА-95».

Экипажам воздушных судов, выполняющим международные полеты, предоставляется метеорологическая информация в соответствии с главой 8 п.8.4.1 НМО ГА-95 и Приложения 3 ИКАО. Согласно п. 2.1.1 Добавление 2 Приложения 3 ИКАО в качестве полетной документации экипажам выдается продукция, выпущенная в рамках Всемирной системы зональной прогнозов (ВЦЗП).

В современных условиях метеорологическое обеспечение осуществляется на основании договоров, заключенных между руководителями авиакомпаний и метеоподразделений.

Метеорологическое обеспечение полётов начинается с письменной заявки (плана), которая заблаговременно подаётся в АМСГ (АМЦ) службой движения аэропорта, как правило, за сутки.

Заявка составляется в соответствии с расписанием, но может включать также полёты вне расписания. Обеспечение нерегулярных вылетов, полетов вне расписания осуществляется в каждом аэропорту в соответствии со специальным соглашением между руководством службы движения и руководством метеорологического подразделения.

В соответствии с заявкой дежурная смена АМСГ готовит метеорологическую информацию, необходимую для предполётной метеорологической подготовки вылетающих экипажей для непосредственного обеспечения полётов. В период предполётной метеоподготовки экипаж воздушного судна (командир, второй пилот) обеспечивается:

- 1) данными о фактической погоде в аэропортах вылета, посадки, на запасных аэродромах, а также по МВЛ и районам полётов;



- 2) прогнозами погоды, предупреждениями об опасных метеоявлениях по маршруту полёта до первого пункта посадки или по району полётов, по аэродрому посадки и запасным аэродромам (прогнозы должны быть составлены в срок, который соответствует расчётному времени полёта, включая время прибытия в аэропорт посадки с учётом дополнительных 30 мин.);
- 3) прогнозами ветра по маршруту на эшелонах полётов;
- 4) аэросиноптическими материалами (приземные и высотные карты погоды, вертикальные разрезы атмосферы по основным воздушным трассам, радиолокационные, спутниковые и другие данные);
- 5) консультации о метеорологических условиях по маршруту полёта, в пунктах вылета и посадки, на запасных аэродромах;
- 6) бортовой метеорологической документацией (прогностические карты — АКП).

Прогнозы погоды, фактическая погода, предупреждения и оповещения также представляется в виде кодированной информации. Существуют коды TAF, METAR, SPECI, AIRMET, SIGMET, VOLMET и др.

По всем аэродромам информация SIGMET, имеющаяся в БАМД, автоматически добавляется к запрашиваемому прогнозу по данному аэродрому.

Аэродромный метеорологический орган в качестве полетной документации предоставляет экипажу бланки с прогнозами и фактической погодой по аэродрому посадки, запасным аэродромам, по маршруту полета и аэродрома вылета (прил. 9); консультативную информацию о вулканическом пепле и тропических циклонах, относящихся ко всему маршруту полета. Выдаются прогностические карты ветра и температуры на эшелонах полета (прил. 13, 14, 15, 16) и карты особых явлений (прил. 10, 11, 12), масштаб и период действия которых охватывает район и время полета, включая возможный уход на запасной аэродром.

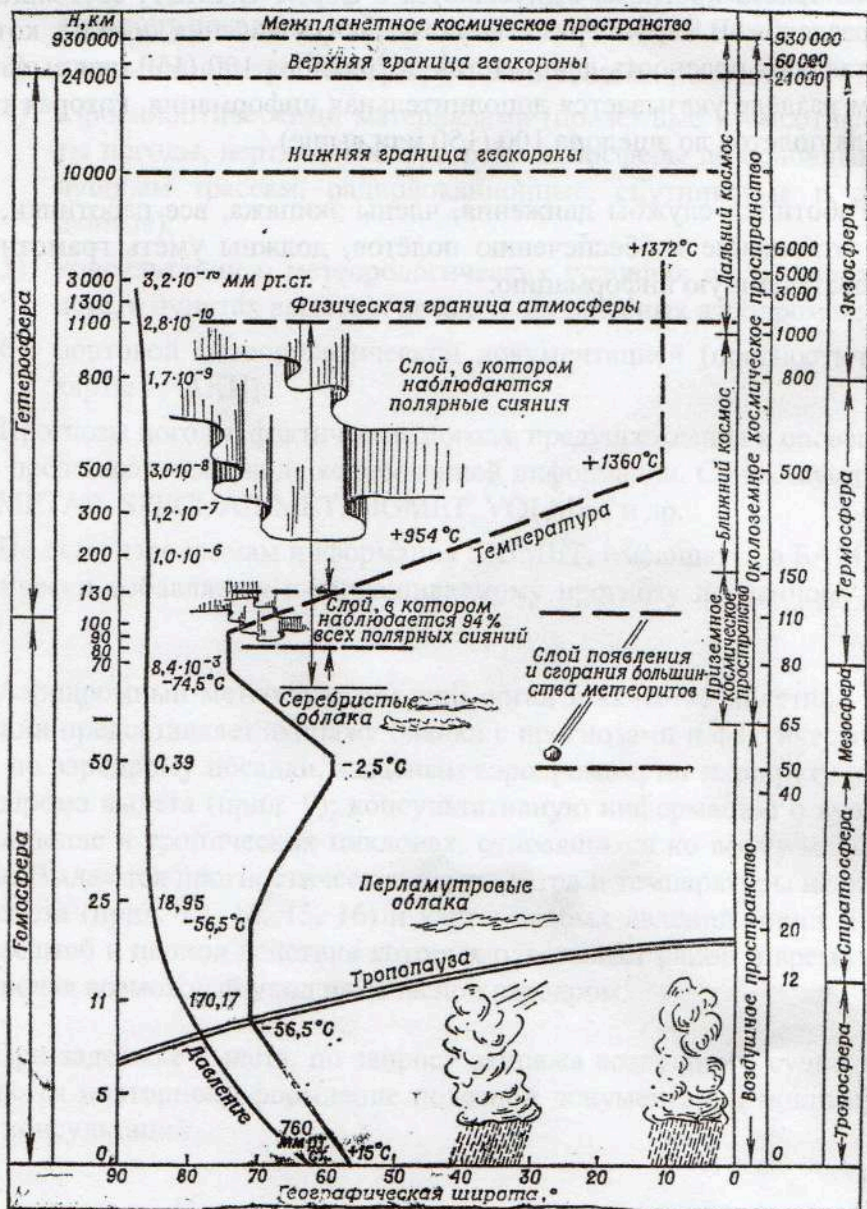
При задержке вылета, по запросу экипажа воздушного судна, обеспечивается повторное оформление полетной документации и/или проведение консультаций.

При метеообеспечении полетов до эшелона полета 100 (или до эшелона полета 150 в горных районах или более высокого эшелона, если это необходимо) прогнозы по РПИ предоставляются в виде карт или открытым текстом с принятыми ИКАО сокращениями. При использовании открытого текста прогнозы выпускаются в форме GAMET, состоящего из двух разделов. В первом разделе указываются явления погоды, которые представляют опасность для полетов до эшелона 100 (150 или выше). Во втором разделе указывается дополнительная информация, которая требуется для полетов до эшелона 100 (150 или выше).

Работники службы движения, члены экипажа, все работники, имеющие отношение к обеспечению полётов, должны уметь грамотно использовать данную информацию.

# Приложения

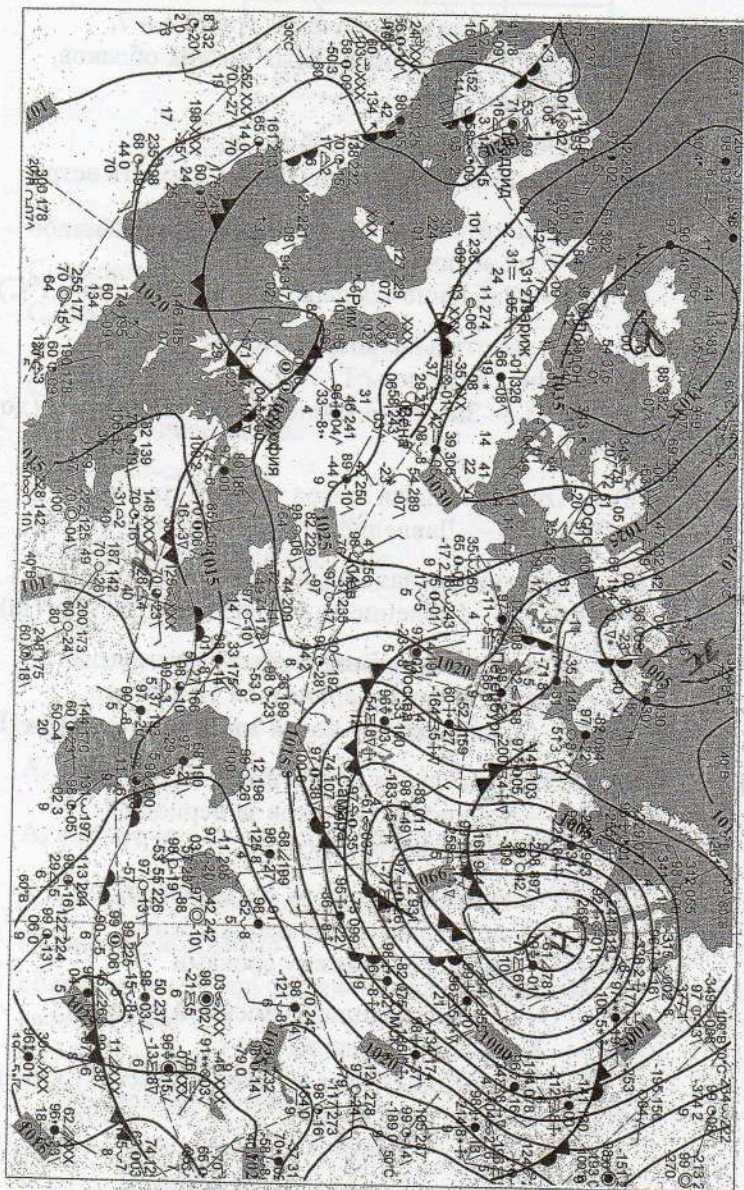
## Приложение 1 Строение атмосферы



## Приложение 2 Приземная карта погоды

Географин Европа  
 Города Синоптика с контролем 27/02/13 12, Давление на уровне моря (контроль, воспоминание)

Синоптика



Приложение 3  
Основные группы синоптического кода КН-01

И i i i — Международный индекс метеостанции.

i<sub>R</sub> I<sub>X</sub> h VV — из них: (i<sub>R</sub> i<sub>X</sub>) — Указатель включения групп 6 и 7,  
(h) — Высота основания самых низких облаков,  
(VV) — Видимость.

N dd ff — из них: (N) — Общее количество облаков,  
(dd) — Направление ветра, (ff) — Скорость ветра.

1 S<sub>n</sub> T T T — из них: (1) — Отличительная цифра первой группы,  
(S<sub>n</sub>) — Знак величины TTT,  
(T T T) — Значение температуры воздуха (до 0,1°C).

2 S<sub>n</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> — из них: (2) — Отличительная цифра второй группы,  
(S<sub>n</sub>) — Знак величины T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub>,  
(T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub>) — Значение температуры точки росы (до 0,1°C).

3 P<sub>0</sub> P<sub>0</sub> P<sub>0</sub> P<sub>0</sub> — из них: (3) — Отличительная цифра третьей группы,  
(P<sub>0</sub> P<sub>0</sub> P<sub>0</sub> P<sub>0</sub>) — Давление на станции (до 0,1 гПа).

4 P P P P — из них: (4) — Отличительная цифра четвертой группы,  
(P P P P) — Давление на уровне моря (до 0,1 гПа).

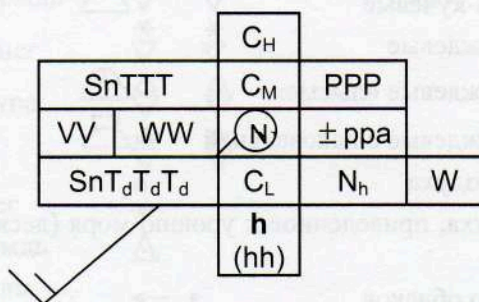
5 a ppp — из них: (5) — Отличительная цифра пятой группы,  
(a) — Характер (вид) барической тенденции,  
(ppp) — Значение барической тенденции (до 0,1 гПа).

6 RRR t<sub>R</sub> — из них: (6) — Отличительная цифра шестой группы,  
(RRR) — Количество осадков за период t<sub>R</sub>,  
(t<sub>R</sub>) — Период, к которому относится RRR.

7 ww WW — из них: (7) — Отличительная цифра седьмой группы,  
(ww) — Код погоды в срок наблюдения,  
(WW) — Код погоды между сроками.

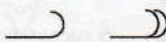
8 N<sub>h</sub> C<sub>L</sub> C<sub>M</sub> C<sub>H</sub> — из них: (8) — Отличительная цифра восьмой группы,  
(N<sub>h</sub>) — Количество облаков C<sub>1</sub> и C<sub>M</sub>,  
(C<sub>L</sub> C<sub>M</sub> C<sub>H</sub>) — Коды форм облаков нижнего (L), среднего (M) и верхнего (H) яруса.

**Схема нанесения метеорологических данных  
на приземную карту погоды**

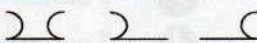


**C<sub>H</sub>** – облака верхнего яруса

C<sub>i</sub> перистые



C<sub>s</sub> перисто-слоистые



C<sub>c</sub> перисто-кучевые



**C<sub>M</sub>** – облака среднего яруса

A<sub>s</sub> высоко-слоистые

A<sub>s</sub> высоко-слоистые тонкие



A<sub>s</sub> высоко-слоистые плотные



A<sub>c</sub> высоко-кучевые

A<sub>c</sub> высоко-кучевые башнеобразные



A<sub>c</sub> высоко-кучевые чечевицеобразные



A<sub>c</sub> высоко-кучевые тонкие



A<sub>c</sub> высоко-кучевые распространяющиеся по небу



A<sub>c</sub> высоко-кучевые плотные



N<sub>s</sub> сложно-дождевые



**C<sub>L</sub>** – облака нижнего яруса или облака вертикального развития  
*нижний ярус*

S<sub>t</sub> слоистые



S<sub>c</sub> слоисто-кучевые








F<sub>rd</sub> разорванно-дождевые



F<sub>st</sub> разорванно-слоистые










*вертикального развития*

- $C_u$  кучевые 
- $C_{u\text{ cong}}$  мощно-кучевые 
- $C_b$  кучево-дождевые 
- $C_b$  кучево-дождевые «лысые» 
- $C_b$  кучево-дождевые с наковальной 

**TTT** — температура воздуха

**PPP** — давление воздуха, приведенное к уровню моря (десятки, единицы и десятки доли)

**N** — общее количество облаков

-  ясно
-  1 октант
-  2 октанта
-  3 октанта
-  4 октанта
-  5 октантов
-  6 октантов
-  7 октантов
-  8 октантов
-  небо не видно (облачность определить невозможно)

**VV** — видимость — цифры кода (ц.к.)

<i>Инструментально</i>						<i>Визуально</i>	
ц.к.	км	ц.к.	км	ц.к.	км	ц.к.	км
00	<0.1	56	6	80	30	90	<0.05
0.1	0.1	57	7	81	35	91	0.05
0.2	0.2			82	40	92	0.2
0.3	0.3	60	10	83	45	93	0.5
		61	11	84	50	94	1
20	2.0			85	55	95	2
21	2.1	70	20	86	60	96	4
		71	21	87	65	97	10
49	4.9			88	70	98	20
50	5.0	79	29	89	>70	99	50

**WW** — в момент наблюдения

дождь



снег



морось	‘ ‘ ‘ ‘ ‘ ‘ ‘ ‘
ливневой дождь	▽ ▽
ливневой снег	* ▽ * ▽
ледяная крупа	◊ ▽ ◊ ▽
град	▲ ▽ ▲ ▽
мокрый снег	• *
ледяной дождь	△
ледяные иглы	↔
гололед	∞
шквал	∇
смерч	∩
гололед с дождем	∞ ∞
гололед с моросью	∞ ∞
дымка	≡
туман	≡≡
туман с изморосью	≡≡ ▽ ▽
поземок	↓ ↓
низовая метель	↑ ↑
мгла	∞
пыльная буря	∞ ∞
пыльные вихри	∞ ∞
гроза	⚡ ⚡
зарница	⚡

**rrra** – барическая тенденция

**rr** — величина барической тенденции


**a** — характер изменения давления

**T<sub>d</sub>T<sub>d</sub>T<sub>d</sub>** — точка росы (целые и десятые доли, °C)




$N_h$  — количество облаков нижнего яруса или облаков вертикального развития в октантах

W — погода между сроками

дождь	•	пыльная буря	
снег	*	гроза	
морось	,	низовая метель	
ливневые осадки		мгла	
мокрый снег		смерч	
ледяной дождь		шквал	
ледяные иглы	$\longleftrightarrow$	зарница	
гололед		малооблачная погода (<4)	
дымка	$\equiv$	меняющаяся облачность	
туман	$\equiv$	пасмурно (облачность более 4 окт)	
поземок		пыльные вихри	

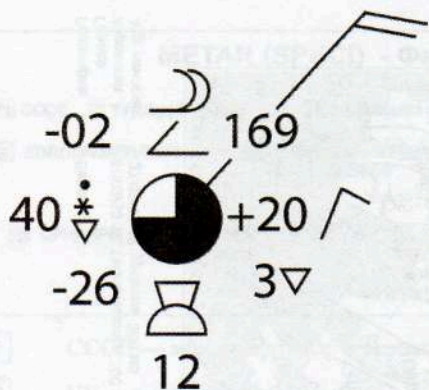
h (hh) — высота облаков

Инструментально						Визуально	
ц.к.	км	ц.к.	км	ц.к.	км	ц.к.	км
00	<30	56	1800	80	9000	0	<50
0.1	30	57	2100	81	10500	1	50
0.2	60			82	12000	2	100
0.3	90	60	3000	83	13500	3	200
		61	3300	84	15000	4	300
20	600			85	16500	5	600
21	630	70	6000	86	18000	6	1000
		71	6300	87	19500	7	1500
49	1470			88	21000	8	2000
50	1500	79	8700	89	>21000	9	2500

ветер  — одно короткое оперение соответствует 2–3 м/сек (5 узлов), длинное — 5 м/сек (10 узлов), треугольник — 25 м/сек (50 узлов).

**Контрольное тестирование:**

Выберите вариант правильного чтения фактической погоды



- небо не видно
- в срок наблюдения кучевая облачность 4 октанта
- вертикальная видимость 4000 м
- $0.2^{\circ}\text{C}$  — температура
- $0.5^{\circ}\text{C}$  — температура росы
- давление 1016.9 мбар
- барическая тенденция  $+2.0$  мбар  
рост давления
- погода между сроками: ливень
- ветер северо-восточный, 2.5 м/с

- облачность 3/4 октантов
- в срок наблюдения кучевая облачность 3 октанта
- вертикальная видимость 4000 м
- $0.2^{\circ}\text{C}$  — температура
- $2.6^{\circ}\text{C}$  — температура росы
- давление 1016.9 мбар
- барическая тенденция  $-2.0$  мбар  
рост/падение давления
- погода между сроками: ливневый снег с дождем
- ветер северо-восточный, 10 м/с

- общая облачность 6 октантов
- 3 октанта кучево-дождевая (Св)
- в среднем ярусе высоко-слоистые, в верхнем — перистые
- в срок наблюдения ливневый снег с дождем
- видимость 4 км
- между сроками: ливень
- температура:  $-0.2^{\circ}\text{C}$
- температура росы:  $-2.6^{\circ}\text{C}$
- давление 1016.9 мбар
- барическая тенденция  $+2.0$  мбар,  
рост/падение
- ветер северо-восточный, 10 м/с

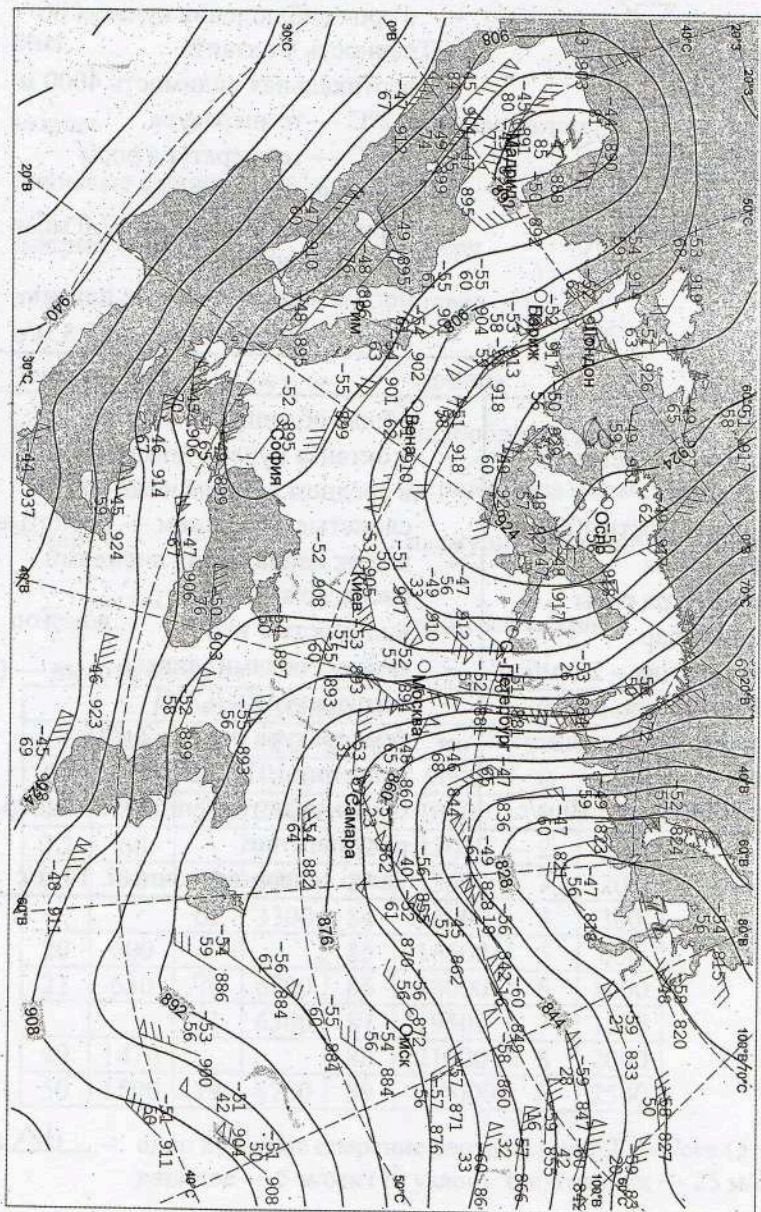
Приложение 4  
Уровень 300 гПа (мб) (высотная карта)

География  
Города  
Аэрология  
Аэр. Наноска

Европа

27/02/13 12, Геометнидан 300 гПа (восполнение)  
27/02/13 12, уровень 300 мб

Аэрология



**Приложение 5**  
**Сводка фактической погоды на аэродроме**  
**(схема сводки фактической погоды)**

**METAR (SPECI) - Фактическая погода на аэродроме**

1 CCCC 2 YYGGggZ 3 (AUTO) 4 dddffGfmfm (КМН, КТ, МПС) 4.1 dndndn V dxdxdx 5 VVVVDv 5.1 VxVxVxVxDv  
6 RDRDR/VRVRVRVRI 6.1 RDRDR/VRVRVRVR V VRVRVRVRI 7 NSNSNSHShShS(CC) 8 CAVOK 9 TT' / T'dT'd  
или  
VhShShS  
10 QRPHRPH или ARPHRPH 11 REw'w 11.1 WS RWYDRDR 12 TTTT; TTGGgg 13 DRDRERCRERERBRBR 14 (RMK)  
или  
WS ALL RWY

- 1 — CCCC — международное четырехбуквенное обозначение аэропорта
- 2 — YY — число текущего месяца  
GG — часы  
gg — минуты  
Z — буквенный указатель UTC
- 3 — (AUTO) — автоматизированное наблюдение
- 4 — ddd — направление в градусах (VRB — неустойчивый)  
ff — средняя скорость  
G — буквенный указатель максимальной скорости  
fmfm — максимальная скорость (порывы): кмн — км/ч, кт — узлы, мпс — м/с
- 4.1 — dndndn dxdxdx — два экстремальных направления ветра  
(указываются по часовой стрелке)  
V — буквенный указатель существенных изменений
- 5 — VVVV — минимальная горизонтальная видимость в метрах (9999 — 10 км и >)  
Dv — направление минимальной видимости в румбах
- 5.1 — VxVxVxVxDv — максимальная горизонтальная видимость в метрах (9999 = 10 км и более)  
Dv — направление максимальной видимости в румбах
- 6 — R — буквенный указатель RVR  
DRDR — номер ВПП  
(для параллельных: L — левая, R — правая, C — центральная)  
VRVRVRVR — видимость на ВПП в метрах  
(P1500 — более 1500м, M0050 — менее 50м)  
VRVRVRVR — максимальная видимость на ВПП  
i — тенденция изменения видимости на ВПП  
(N — не изменяется, D — ухудшается, U — улучшается)

- 6.1 – **R** — буквенный указатель RVR  
**DRDR** — номер ВПП  
(для параллельных: L — левая, R — правая, C — центральная)  
**VRVRVRVR** — минимальная видимость на ВПП  
**V** — буквенный указатель существенных изменений  
**VRVRVRVR** — максимальная видимость на ВПП  
**i** — тенденция изменения видимости на ВПП  
(N — не изменяется, D — ухудшается, U — улучшается)
- 7 – **NSNSNS** — количество облаков: FEW — незначительные (1–2 окт),  
SCT — рассеянные (3–4 окт), BKN — значительные (5–7 окт),  
OVC — сплошные (8 окт)  
**VV** — вертикальная видимость  
**hShShS** — высота НГО или вертикальная видимость  
(CC) — Форма облаков (CB — кучево-дождевые, TCU — мощно-кучевые)
- 8 – включается вместо групп 5–8 при условиях:  
– видимость 10км и более  
– нет облаков с НГО < 1500м, отсутствует CB  
– нет особых явлений погоды
- 9 – **T'T'** — температура воздуха в градусах С (M — при отрицательных значениях)  
**T'dT'd** — температура точки росы в градусах С (M — при отрицательных значениях)
- 10 – **Q(A)** — буквенный указатель (Q — гПа, A — дюймы)  
**RHRHRH** — давление QNH, приведённое к уровню моря по условиям стандартной атмосферы
- 11 – **RE** — буквенный указатель погоды за последний час  
**w'w'** — явление погоды за последний час
- 11.1 – **WS** — сдвиг ветра  
**RWY** — ВПП (ALL RWY — на всех ВПП)  
**DRDR** — номер ВПП (для параллельных: L — левая, R — правая, C — центральная)
- 12 – **NOSIG** — нет существенных изменений  
**TEMPO** — временные изменения  
**BECMG** — устойчивые изменения  
**TT** — AT — на, FM — от, TL — до  
**GG** — часы  
**gg** — минуты
- 13 – состояние ВПП
- 14 – включается согласно национального решения

*Приложение 6*  
**Фактическая погода, регулярная сводка**  
**(пример и прочтение)**

**METAR(SPECI) — Фактическая погода, регулярная сводка**  
**(фактическая погода, специальная сводка)**

.....  
**METAR USTR 061730Z 17003MPS 140V200 3700 BR SCT003 OVC033CB**  
**M00/M00 Q1026 TEMPO 1500 FZRA BKN003 RMK QBB110 QFE760/1013**  
**21290060 12290060=**

METAR — фактическая погода

USTR — аэродром Тюмень (Рощино)

061730Z — 6-го числа текущего месяца за 17 час. 30 мин.

17003MPS — ветер 170 градусов 3м/с

140V200 — за десятиминутный период наблюдения направление ветра менялось в секторе от 140 градусов до 200 градусов

3700 BR — видимость 3700 метров, дымка

SCT003 — рассеянная облачность, нижняя граница 90 метров

OVC033CB — сплошная облачность, кучево-дождевая, нижняя граница 990 метров

M00/M00 — температура — минус 0 градусов, точка росы — минус 0 градусов

Q1026 — давление 1026 гектопаскалей

TEMPO — временами в течении 2-х часов от 17:30 до 19:30

FZRA — переохлажденный дождь

BKN003 — значительная облачность, нижняя граница 90 м

RMK — добавление (пояснение, ремарка)

QBB110 — уточненное значение нижней границы облаков 110 метров

QFE760/1013 — давление на уровне порога ВПП 760 мм рт.ст. или 1013 гПа

21290060 — ВПП 21-я, мокрая, площадь покрытия от 51 до 100 %, осадков менее 1 мм, коэф. сцепления 0,6

12290060 — ВПП 21-я, мокрая, площадь покрытия от 51 до 100 %, осадков менее 1 мм, коэф. сцепления 0,6

= — сводка закончена

**METAR UUWW 030630Z 17004MPS 0700 R19/0750V1000D -DZ FG VV001  
05/04 Q1007 19290050 TEMPO 1000 BR OVC004 RMK QBB040 =  
SPECI UUWW 030652Z 17003MPS 1100 R19/1100U -DZ BR VV003 05/04  
Q1007 19290050 TEMPO 1000 BR OVC004 =**

METAR — фактическая погода

UUWW — по а/д Внуково

030630Z — за 06 час 30 мин 3-го числа текущего месяца

17004MPS — ветер 170 градусов 4 м/сек

0700 — видимость 700 метров

R19/0750V1000D — видимость на ВПП19 от 750 м до 1000 м за предшествующие 10 минут наблюдения с тенденцией к ухудшению

-DZ FG — слабая морось, туман

VV001 — вертикальная видимость 30 м

05/04 — температура 5 градусов, точка росы 4 градуса

Q1007 — давление 1007 гектопаскалей

19290050 — полоса 19, мокрая, от 51 до 100 %, толщина слоя осадков менее 1 мм, коэффициент сцепления 0,5

TEMPO — временами (в ближайшие 2 часа от 06 час 30 мин до 08 час 30 мин)

1000 — видимость 1000 метров

BR — дымка

OVC004 — сплошная облачность с высотой нижней границы 120 метров

RMK — пояснение (дополнение, ремарка)

QBB040 — уточненное значение нижней границы облаков (вертикальной видимости) 40 метров

= — конец сводки

SPECI — специальная сводка

UUWW — по а/д Внуково

030652Z — за 06 час 52 мин 3-го числа текущего месяца

17003MPS — ветер 170 градусов 3 м/сек

1100 — видимость 1100 метров

R19/1100U — видимость на ВПП19 1100 метров с тенденцией у улучшению

-DZ BR — слабая морось, дымка

VV003 — вертикальная видимость 90 метров

05/04 — температура 5 градусов, точка росы 4 градуса

Q1007 — давление 1007 гектопаскалей

19290050 — ВПП19, мокрая от 51 до 100 %, толщина слоя осадков менее 1 мм, коэффициент сцепления 0,5

ТЕМРО — временами (в ближайшие 2 часа)

1000 — видимость 1000 метров

BR — дымка

OVC004 — сплошная облачность с высотой нижней границы 120 метров

= —конец сводки

11

14

12

13

14

15

16

17

18

19

20



Приложение 7  
Прогноз погоды по аэродрому (схема прогноза)

**TAF - Прогноз погоды по аэродрому**

1 TAF или TAF AMD	2 CCCC	3 YYGGggZ	4 YYG1G1G2G2	5 ddd ff G fmf; км/ч, м/с	6 VVVV	7 w'w'
8 NSNSNsShShS(CC) или VVhShShS	9 CAVOK	10 6iChihihitL	11 5hBhBhB tL	12 PROBC2C2; GGGeGe	13 TTTT GGGeGe или TTGGgg	14 TT'FT'F / GFGFZ

- 1 — TAF — прогноз погоды  
TAF AMD — корректив прогноза  
TAF COR — исправление в прогнозе ошибки (описки или неточности)
- 2 — CCCC — международное четырехбуквенное обозначение аэропорта
- 3 — YY — число текущего месяца  
GG — часы  
gg — минуты  
Z — буквенный указатель UTC
- 4 — YY — число месяца  
G1G1 — начало действия прогноза в часах  
G2G2 — окончание действия прогноза в часах
- 5 — ddd — направление в градусах (VRB — неустойчивый)  
ff — средняя скорость  
G — буквенный указатель максимальной скорости  
fmfm — максимальная скорость (порывы), км/ч, м/с
- 6 — горизонтальная видимость в метрах (9999—10 км и более)
- 7 — прогнозируемые особые явления погоды
- 8 — NsNsNs — количество облаков: FEW — незначительные (1—2 окт), SCT — рассеянные (разбросанные) (3—4 окт), BKN — значительные (5—7 окт), OVC — сплошные (8 окт)  
VV — вертикальная видимость  
h — высота НГО или вертикальная видимость  
Форма облаков (CB — кучево-дождевые)
- 9 — Включается вместо групп 5—8 при условиях:
  - видимость 10 км и более
  - не ожидаются облака с НГО < 1500 м и СВ
  - не ожидаются особые явления погоды
- 10 — 6 — отличительная цифра  
IC — тип обледенения  
hihihi — высота нижнего уровня обледенения  
tL — толщина слоя

- 11 — **5** — отличительная цифра  
**B** — тип турбулентности  
**hBhBhB** — высота нижнего уровня турбулентности  
**tL** — толщина слоя
- 12 — **PROB** — указатель группы "вероятность"  
**C2C2** — значение вероятности в % (30 или 40 %)  
**GG** — начало периода в часах  
**GeGe** — конец периода в часах
- 13 — **TEMPO** — временные изменения  
**BECMG** — устойчивые изменения  
**GG** — начало периода в часах  
**GeGe** — конец периода в часах  
**TT** — FM (от)  
**GGgg** — начало изменения в часах и минутах
- 14 — **T** — буквенный указатель  
**T'FT'F** — температура воздуха в градусах  
**CGFGF** — время (в часах), на которое прогнозируется температура  
**Z** — буквенный указатель UTC

*Приложение 8*  
*Корректив прогноза погоды (пример и прочтение)*

**TAF (TAF AMD) — Прогноз погоды  
(корректив прогноза погоды)**

.....  
**TAF AMD UUWW 030650Z 0307/0406 16005MPS 0700 FG OVC003 TEMPO  
0307/0309 1500 DZ BR OVC004 BECMG 0307/0309 5000 BR OVC007 TEMPO  
0309/0406 1500 SHRA SCT004 SCT020CB=**

TAF AMD — прогноз-корректив

UUWW — по аэродрому Внуково

030650Z — составлен 3-го числа текущего месяца в 06 часов 50 минут и.т.с.

0307/0406 — прогноз действителен с 07 часов 3-го числа до 06 часов 4-го числа

16005MPS — ветер 160 градусов 5 м/с

0700 — видимость 700 метров

FG — туман

OVC003 — сплошная облачность, нижняя граница 90 метров

TEMPO 0307/0309 — временами с 7 часов 3-го числа до 9 часов 3-го числа ожидается:

1500 — видимость 1500 метров

DZ BR — морось, дымка

OVC004 — сплошная облачность, нижняя граница 120 метров

BECMG — постепенное (т.е. ожидаются устойчивые изменения погоды)

0307/0309 — с 7 часов 3-го числа до 9 часов 3-го числа

5000 — видимость 5000 м

BR — дымка

OVC007 — сплошная облачность, нижняя граница 210 метров

TEMPO 0309/0406 — временами в период с 9 часов 3-го числа до 6 часов 4-го ожидается:

1500 — видимость 1500 м

SHRA — ливневый дождь

SCT004 — рассеянная облачность, нижняя граница 120 метров

SCT020CB — рассеянная кучево-дождевая облачность, нижняя граница 600 метров

= — конец

**TAF USMU 291959Z 2921/3006 24010G15MPS 4000 -SHSN DRSN SCT007  
BKN015CB OVC066 650070 530005 TEMPO 2921/2924 0900 +SHSN +BLSN  
W003 TEMPO 3000/3006 0600 +SHSN +BLSN W003=**

TAF — прогноз погоды

USMU — по а/д Новый Уренгой

291959Z — прогноз составлен 29 числа текущего месяца в 19 час 59 мин

2921/3006 — прогноз действителен с 21 часа 29-го числа до 06 час 30-го числа

24010G15MPS — ветер 240 градусов 10 м/сек, порывы 15 м/сек

4000 — видимость 4 км

-SHSN DRSN — слабый ливневый снег, позёмки

SCT007 — рассеянная облачность на 210 м

BKN015CB — значительная кучево-дождевая облачность на 450 м

OVC066 — сплошная облачность на 2000 м

650070 — умеренное обледенение в облаках от 210 м до верхних границ облаков

530005 — умеренная турбулентность вне облаков частая от земли до 1500 м

TEMPO — временами

2921/2924 — с 21 часа 29-го числа до 24 часов 29-го числа

0900 — видимость 900 м

+SHSN +BLSN — сильный ливневый снег, сильная метель

W003 — вертикальная видимость 90 м

TEMPO — временами

3000/3006 — с 00 часов 30-го числа до 06 часов 30 числа

0600 — видимость 600 м

+SHSN +BLSN — сильный ливневый снег, сильная метель

W003 — вертикальная видимость 90 м

= — конец сводки

Приложение 9

Пример бланка полетной информации с прогнозами  
и фактической погодой

МОСКВА РОСГИДРОМЕТ  
ГЛАВНЫЙ АВИАЦИОННЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ  
METEOROLOGICAL INFORMATION

MOSCOW ROSHYDROMET  
MAIN AVIATION METEOROLOGICAL CENTRE  
03 Sep 2013 23:32 UTC

TAF USPP 032244Z 0400/0424 VRB02MPS 2000 RA BR BKN005 OVC015 TEMPO  
0400/0404 0500 FG BKN002 BECMG 0404/0405 9999 NSW BKN020 TEMPO  
0406/0415 3000 -SHRA BKN015CB=  
METAR USPP 032330Z 14002MPS 4900 BCFG BR BKN020 12/12 Q1009  
21290350 TEMPO 0500 FG BKN002 RMK QFE746/0995=  
WSUSPP NO DATA=  
TAF USTR 032250Z 0400/0424 24006MPS 2000 SHRA BR BKN005 BKN020CB  
TEMPO 0400/0405 0300 FG VV002 FM040500 27006G11MPS 4000 SHRA  
BKN010 BKN020CB TEMPO 0405/0421 2000 SHRA BKN007 BKN015CB=  
METAR USTR 032330Z 23002MPS 6000 BKN009CB 13/13 Q1008 TEMPO  
2000 SHRA BR BKN005 RMK QFE747/0996 21CLR65 30CLR65=  
WSUSTR NO DATA=  
TAF USSS 032250Z 0400/0424 24003MPS 2000 BR SCT007 TEMPO  
0400/0405 0300 FG VV002 BECMG 0405/0406 9999 NSW SCT020CB BECMG  
0407/0408 3000 -SHRA=  
METAR USSS 032330Z 21002MPS 9999 SCT040 SCT067 11/10 Q1010 260///70 760///60 NOSIG RMK QFE737=  
WSUSSS NO DATA=  
TAF USCC 032250Z 0400/0424 26006MPS 9999 BKN010 530005  
TEMPO 0400/0403 VRB02MPS 2000 BR BKN007=  
METAR USCC 032330Z 26004MPS CAVOK 13/11 Q1011 27000070 NOSIG  
RMK QFE738=  
WSUSCC NO DATA=  
TAF USNN 032300Z 0400/0424 VRB02MPS 4000 -SHRA BR SCT007 BKN020CB  
OVC066 TEMPO 0400/0404 0600 FG VV002 BECMG 0404/0405 27005MPS  
TEMPO 0405/0415 2000 SHRA BKN007 BKN017CB=  
METAR USNN 032330Z 00000MPS 9000 OVC012 14/13 Q1001 NOSIG  
RMK QFE746 21250254=  
TAF USHH 032250Z 0400/0424 01005MPS 2000 SHRA BR BKN007 SCT017CB OVC070  
TEMPO 0400/0404 1000 BR OVC003 FM040500 02006MPS 9999 SCT017CB BKN080  
TEMPO 0405/0412 3000 -SHRA BKN007 SCT015CB OVC080=  
METAR USHH 032330Z 36002G05MPS 310V030 9000 BKN007 OVC080 10/09  
Q1005 TEMPO 0500 FG VV002 RMK QFE750 06///55=  
WSUSHH NO DATA=  
TAF UNNT 03225Z 0400/0424 15006G12MPS CAVOK  
TEMPO 0400/0402 1500 BR FU SCT005=  
METAR UNNT 032330Z 13002MPS 6000 SCT230 12/12 Q1012 25090070  
16090070 NOSIG RMK QFE749/0998=  
WSUNNT NO DATA=  
FTRA10 032300 AAA  
TAF AMD UNKL 032310Z 0323/0424 VRB02MPS 0200 FG VV003 TEMPO 0323/0402  
1000 BR BECMG 0402/0404 9999 NSW=  
METAR UNKL 032330Z 00000MPS 1500 BCFG SCT001 BKN170 08/07  
Q1014 TEMPO 0200 FG RMK QBB040 QFE735 11///65=  
UNKL SIGMET 1 VALID 032245/040200 UNKL-  
UNKL KRASNNOYRSK FIR EMBD TS FCST N OF N58  
S OF N64 TOP FL270 MOV E 20KMH NC=  
TAF UNOO 032238Z 0400/0424 23003MPS 6000 SCT030 TEMPO 0400/0402 1000  
MIFG BR BECMG 0405/0407 30008MPS BKN033CB 530003=  
METAR UNOO 032330Z 00000MPS 6000 MIFG SCT066 11/11 Q1008 25CLR60  
NOSIG RMK QFE748=

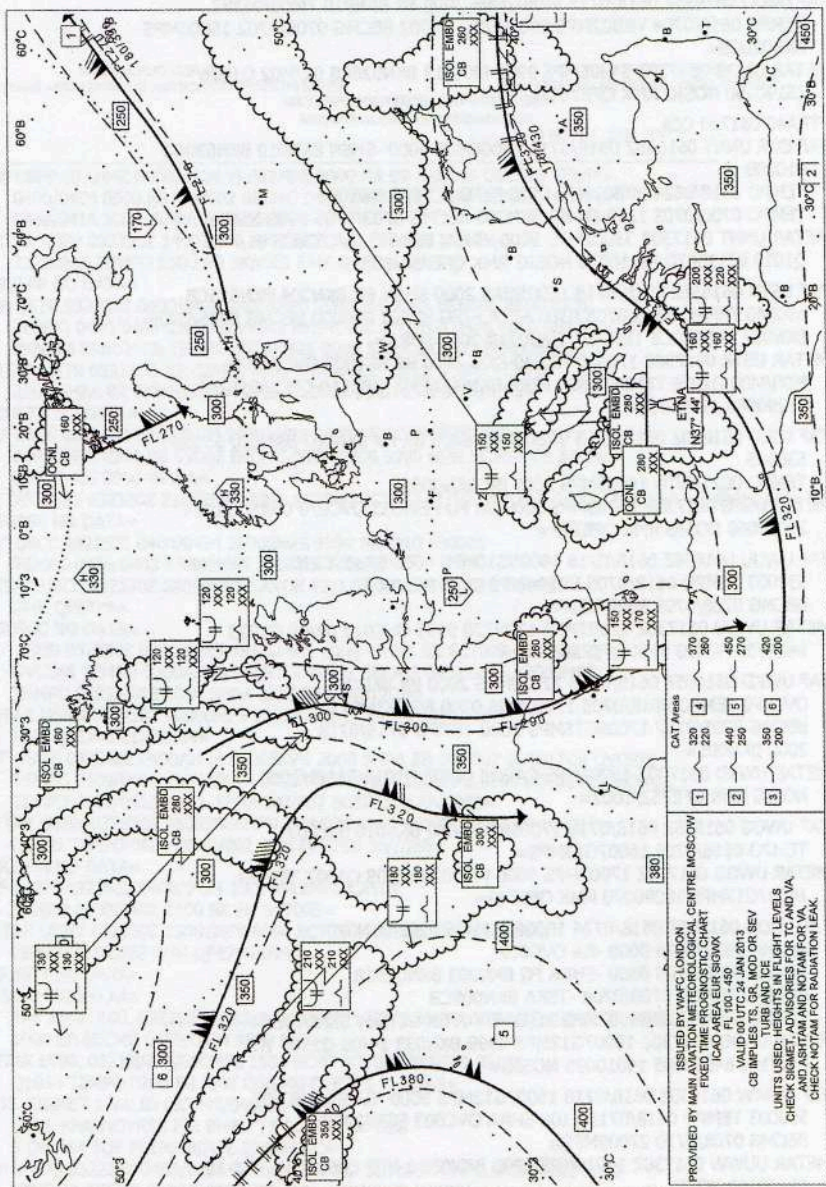
МОСКВА РОСГИДРОМЕТ  
ГЛАВНЫЙ АВИАЦИОННЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

MOSCOW ROSHYDROMET  
MAIN AVIATION METEOROLOGICAL CENTRE  
METEOROLOGICAL INFORMATION

06 Nov 2013 17:44 UTC

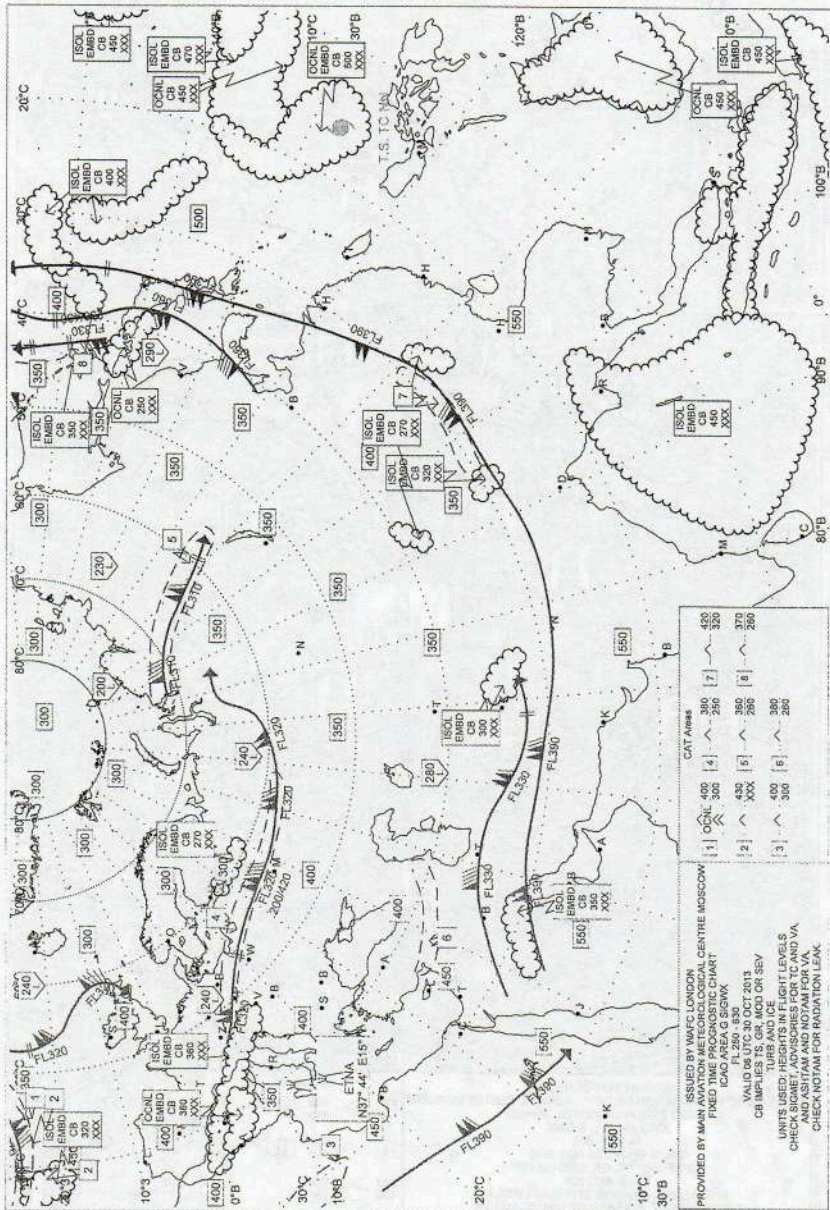
TAF UNOO 061655Z 0618/0718 VRB02MPS 3000 BR BKN010 TM00/0618Z  
TEMPO 0618/0704 VRB02MPS 0500 FZFG VV002 BECMG 0700/0702 15005MPS  
BKN020CB=  
METAR UNOO 061730Z 34005MPS 9999 BKN013 BKN026CB 01/M02 Q1026  
25290150 NOSIG RMK QFE761=  
FTRA40 061700 CCA  
TAF COR UNNT 061655Z 0618/0718 34006MPS 5000 -SHSN BKN010 BKN020CB  
610000  
TEMPO 0618/0624 VRB02MPS 0500 FZFG SCT002 BKN004  
TEMPO 0700/0703 1200 FU BR BKN005 BECMG 0703/0705 9999 NSW=  
METAR UNNT 061730Z 33002MPS 5000 -SHSN BKN010 OVC026CB 01/M00  
Q1019 07110070 16110070 NOSIG RMK QFE754/1006=  
TAF USTR 061655Z 0618/0718 16005MPS 2000 SHSN BR BKN004 BKN015CB  
650040 TEMPO 0618/0705 0300 FZRA FZFG VV002 640000 BECMG 0705/0706  
BKN007 BKN020CB TEMPO 0706/0718 2000 SHRA=  
METAR USTR 061730Z 17003MPS 140V200 3700 BR SCT003 OVC033CB  
M00/M00 Q1026 TEMPO 1500 FZRA BKN003 RMK QBB110 QFE760/1013  
21290060 12290060=  
TAF USCC 061650Z 0618/0718 VRB02MPS 5000 BR FU BKN007 BKN070 650500  
530005  
TEMPO 0621/0706 18005MPS 2000 BR BKN005=  
METAR USCC 061730Z 16003MPS 5000 BR FU FEW033 OVC070 06/03 Q1024  
27000060 NOSIG RMK QFE748=  
TAF UWUU 061650Z 0618/0718 18005G10MPS 4000 BR OVC010  
530003 TEMPO 0618/0705 VRB04MPS 0200 FG VV002  
BECMG 0708/0709 9999 NSW=  
METAR UWUU 061730Z 17003MPS 130V220 9999 OVC013 09/09 Q1023  
142///50 NOSIG RMK QFE756/1009=  
TAF UWKD 061655Z 0618/0718 17010MPS 2000 BR BKN007  
OVC070 TEMPO 0618/0705 17005MPS 0700 FG BKN002  
BECMG 0705/0707 17009G15MPS 3000 TEMPO 0715/0718  
2000 BKN005=  
METAR UWKD 061700Z 18006MPS CAVOK 08/07 Q1016 R11/1/0060  
NOSIG RMK QFE752/1002=  
TAF UWGG 061645Z 0618/0718 17005MPS 6000 BKN010 530003  
TEMPO 0618/0706 16007G13MPS=  
METAR UWGG 061730Z 17007MPS 9000 FEW020 13/08 Q1007 TEMPO  
16007G13MPS 18090070 RMK QFE749=  
TAF UDD 061655Z 0618/0724 18006G11MPS 9999 BKN020  
BECMG 0622/0624 5000 -RA OVC007  
TEMPO 0700/0704 0800 -SHRA FG BKN003 BKN015CB  
PROB40 TEMPO 0700/0704 -TSRA BKN008CB  
TEMPO 0704/0710 24007MPS 2100 -SHRA BR SCT004 BKN010CB=  
METAR UDD 061730Z 19007G12MPS 9999 BKN033 14/08 Q1000 WS  
RWY14L 64010095 14010095 NOSIG=  
TAF UWWW 061650Z 0618/0718 15007G12MPS 5000 -RA BR OVC007  
550003 TEMPO 0618/0715 1100 SHRA OVC003 SCT010CB  
BECMG 0708/0710 27005MPS=  
METAR UWWW 061730Z 16010MPS 9999 BKN038 14/07 Q0998 WS RWY19  
19150060 NOSIG =

Приложение 10  
 Прогностическая карта особых явлений погоды (Европейская часть)



## Приложение 11

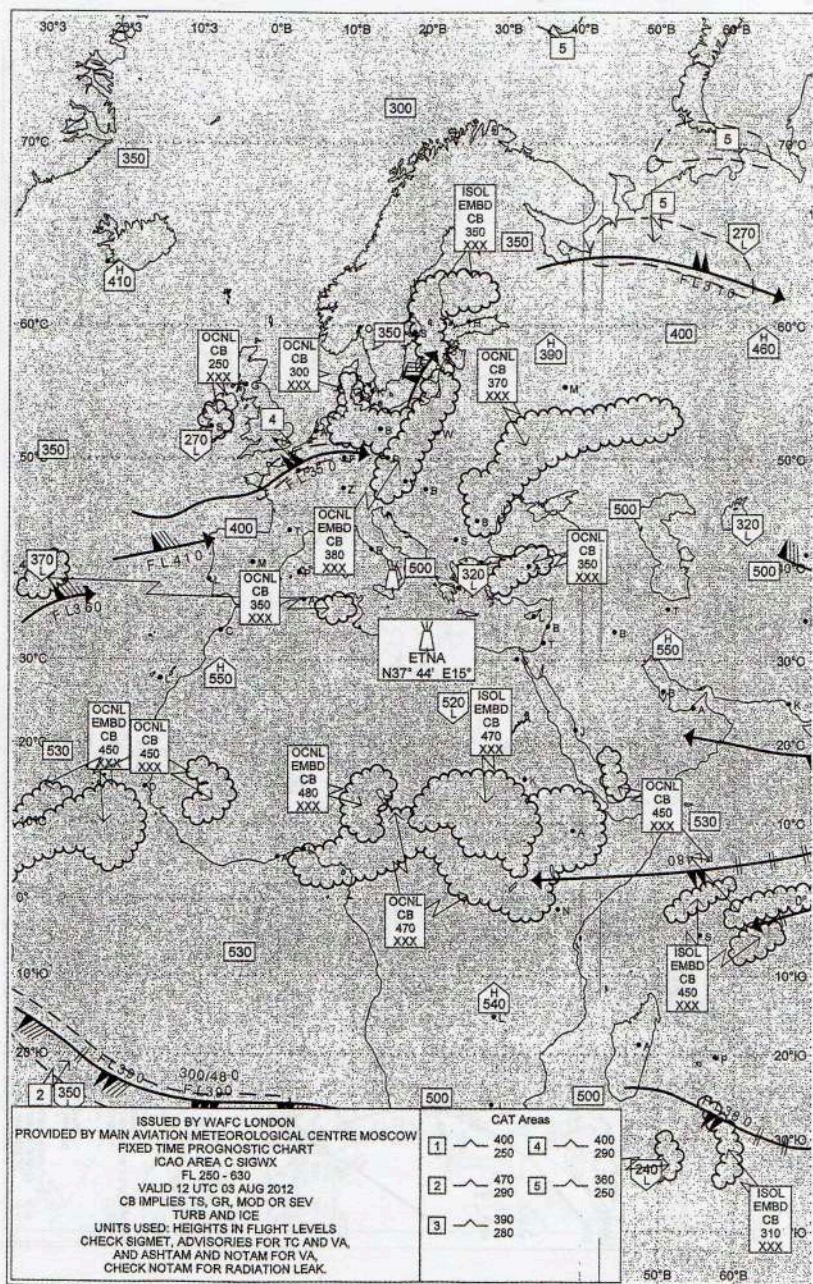
### Прогностическая карта особых явлений погоды (Евразия)



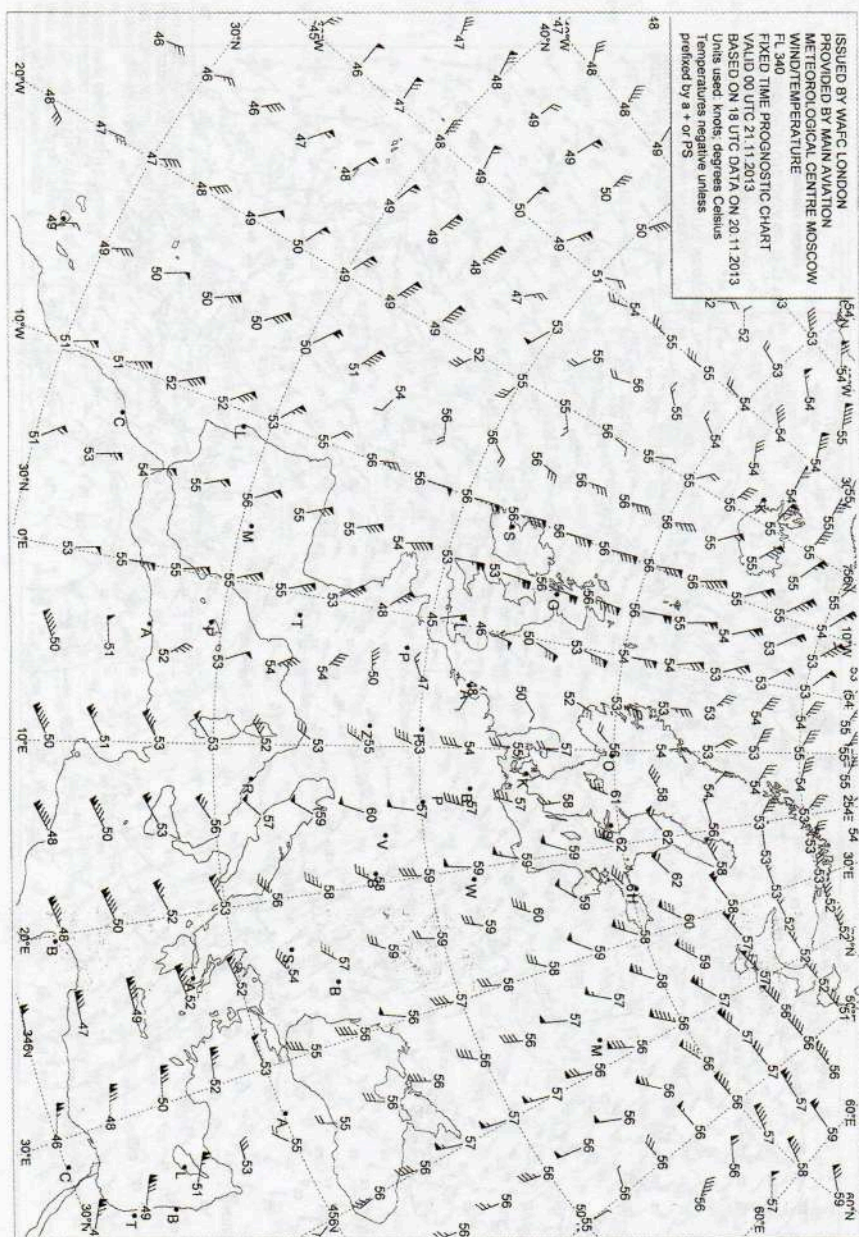


Приложение 12

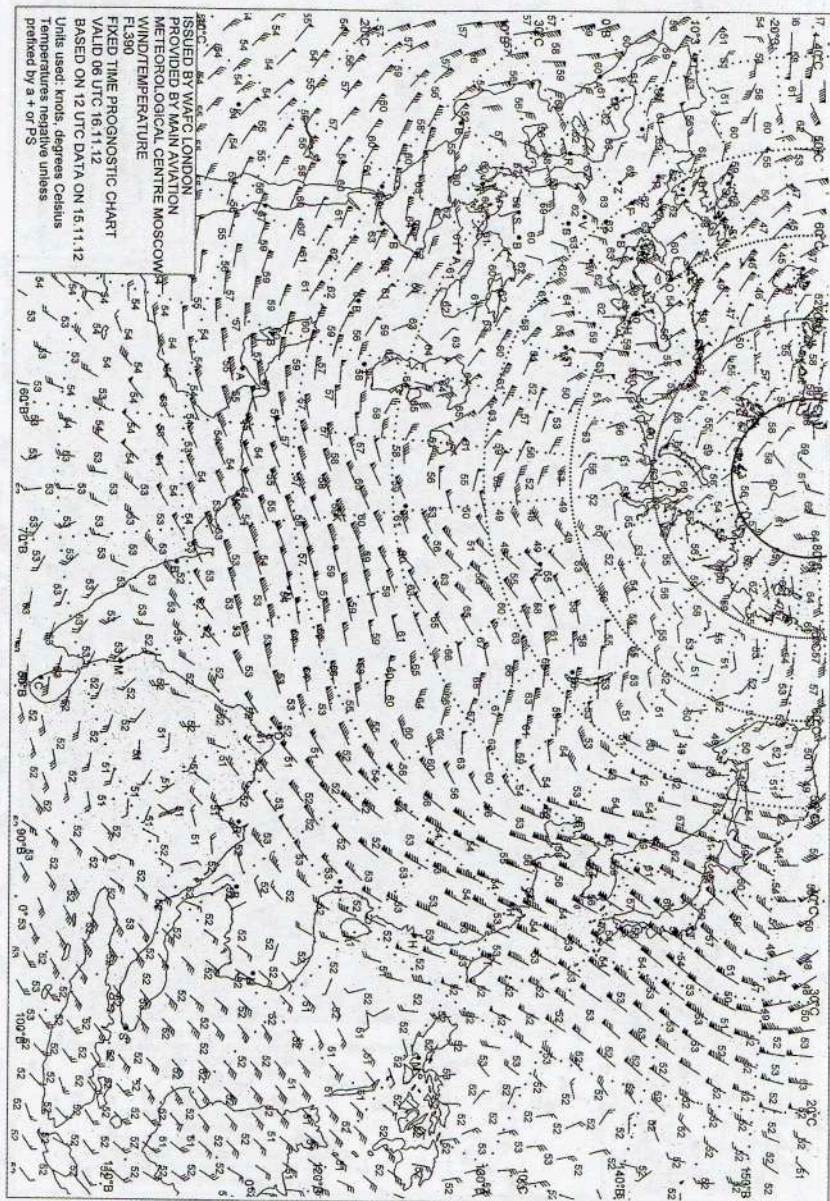
Прогностическая карта особых явлений погоды (Африка-Европа)



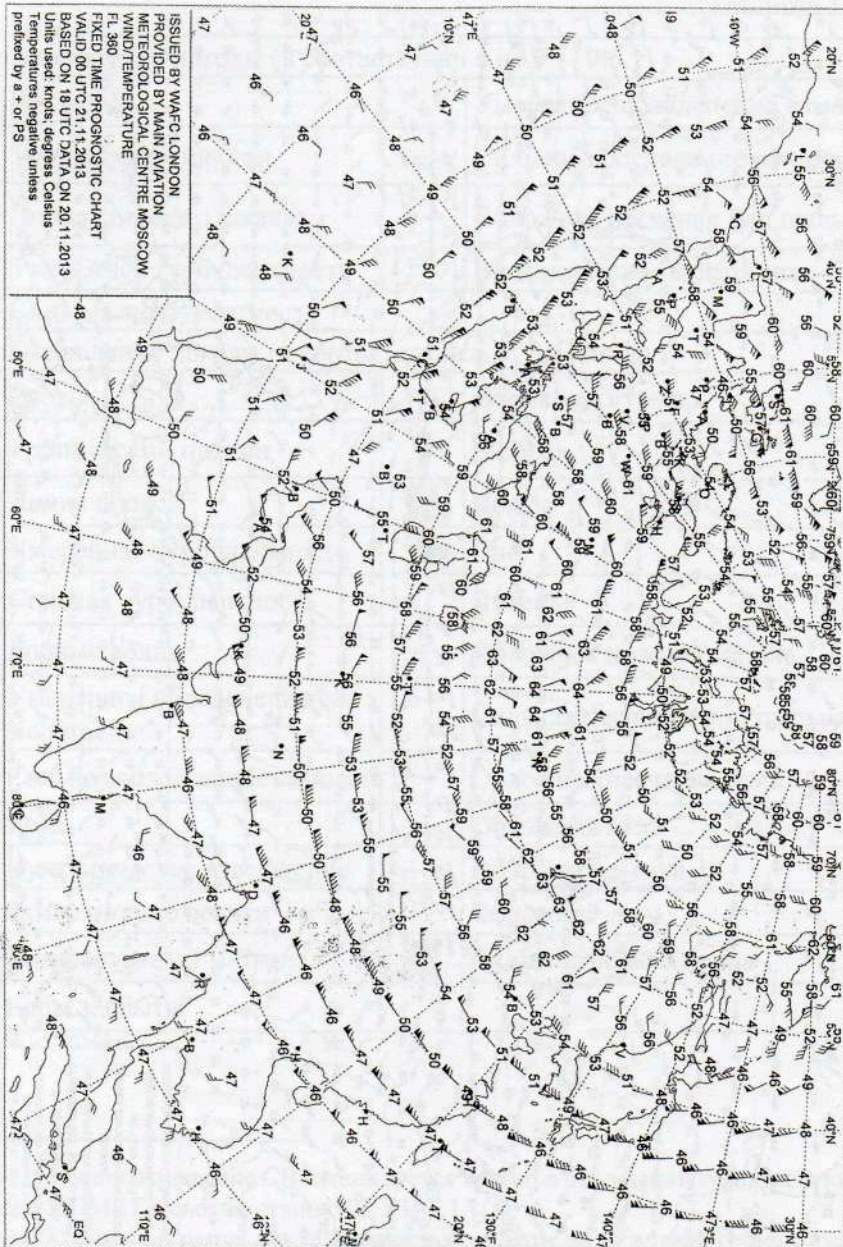
Приложение 13  
 Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL340)  
 Европа



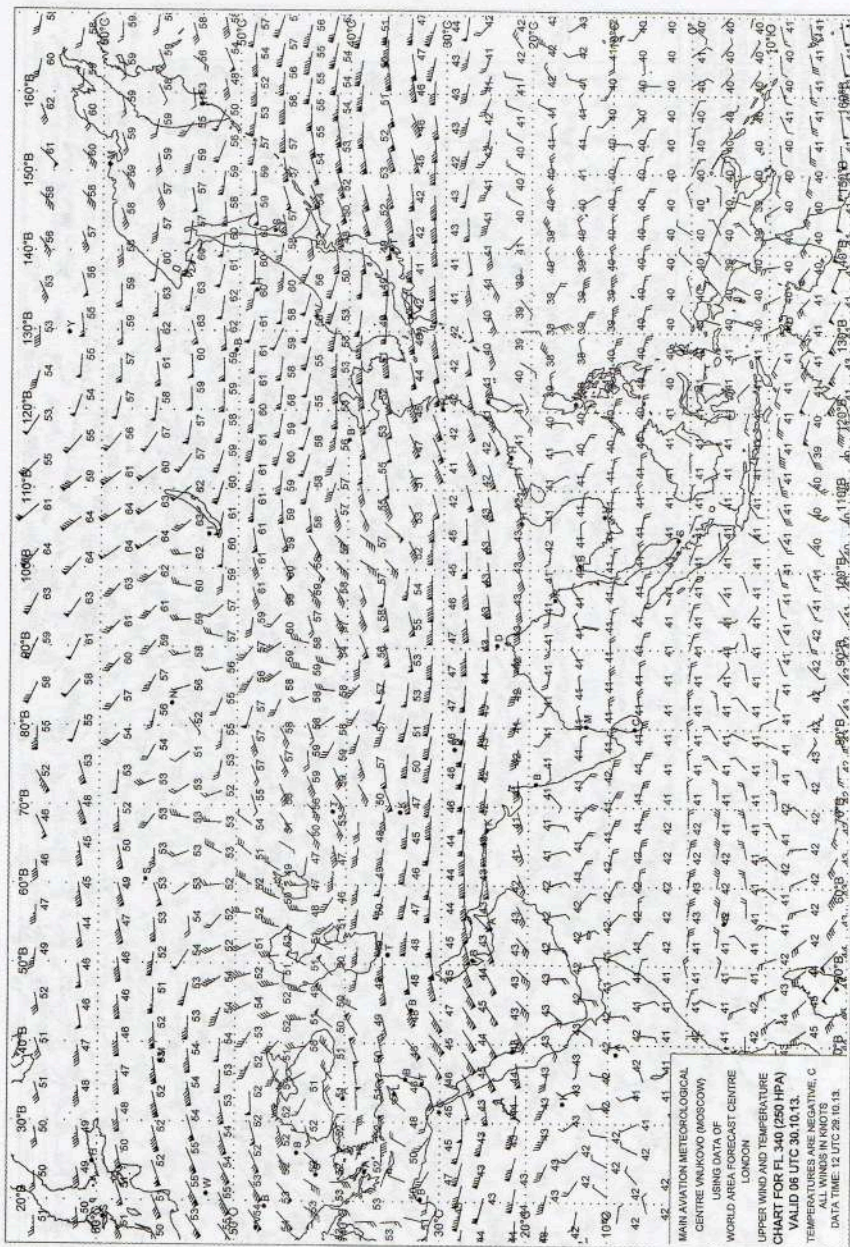
Приложение 14  
Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL390)  
Евразия



Приложение 15  
**Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL360)  
 Евразия**





































Приложение 16  
Прогностическая карта ветра и температуры на эшелоне (FL340)  
Индокитай




## Приложение 17

## Формат и подготовка полетной документации

Таблица I [С.3.3.]

А. Особые явления погоды (в соответствии с [С.3.1] 9.6.1)			
	Грозы <sup>1</sup>		Умеренное обледенение самолета
	Тропический циклон		Сильное обледенение самолета
	Линия сильного шквала		Обложная песчаная или пыльная буря
	Умеренная турбулентность		Вулканическое извержение
	Сильная турбулентность		
В. Особые явления погоды (в соответствии с [С.3.1] 9.6.3)			
	Грозы		Обложной туман
	Тропический циклон		Морось
	Линия шквала		Дождь
	Умеренная турбулентность		Снег
	Сильная турбулентность		Ливень
	Горные волны		Обложная низовая метель
	Умеренное обледенение самолета		Сильная песчаная или пыльная буря
	Сильное обледенение самолета		Обложная песчаная или пыльная буря
	Град		Обложная мгла
	Вулканическое извержение		Обложная дымка
	Замерзающие осадки <sup>2</sup>		Обложной дым
	Радиоактивный материал		Видимое облако пепла
	Горы закрыты		

<sup>1</sup> Символ  или сокращение СВ используется только в отношении гроз, требующих выпуска SIGMET в соответствии с [С.3.1] 7.1.1(а).


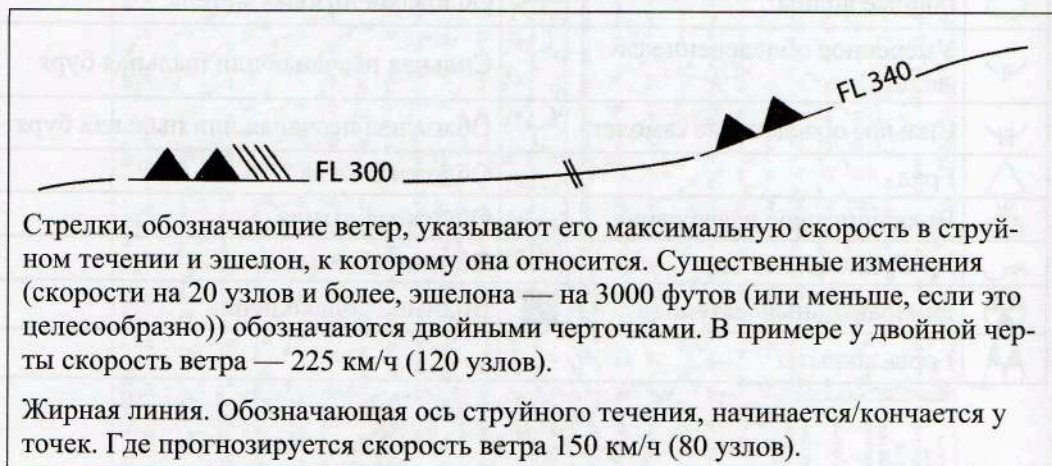
<sup>2</sup> Символ  используется для замерзающих осадков, но не в том случае, когда осадки превращаются в лед при соприкосновении с самолетом при очень низкой температуре.

Таблица II [С.3.3.]

	Холодный фронт на поверхности		Высокая тропопауза
	Теплый фронт на поверхности		Низкая тропопауза
	Фронт окклюзии на поверхности		Уровень тропопаузы
	Квазистационарный фронт на поверхности		Уровень замерзания
	Линия конвергенции		Положение, скорость и уровень максимального ветра (см. таблицу III в [С.3.3])
	Внутритропическая зона конвергенции <sup>3</sup>		Видимое облако пепла

Таблица III [С.3.3.]  
(в соответствии с [С.3.3.] 4.6.11)

<sup>3</sup> Расстояние между двумя линиями дает качественное представление о ширине зоны; для обозначения зон активности можно использовать штриховку.

Приложение 18




Микро-АКП (Прогностическая карта особых явлений погоды для полетов ниже FL100)

H (dm)	D (c)	F (km/h)	T (c)
300	100	30	-09
150	100	40	-06
080	090	40	-03
060	070	20	-02
030	070	20	-01

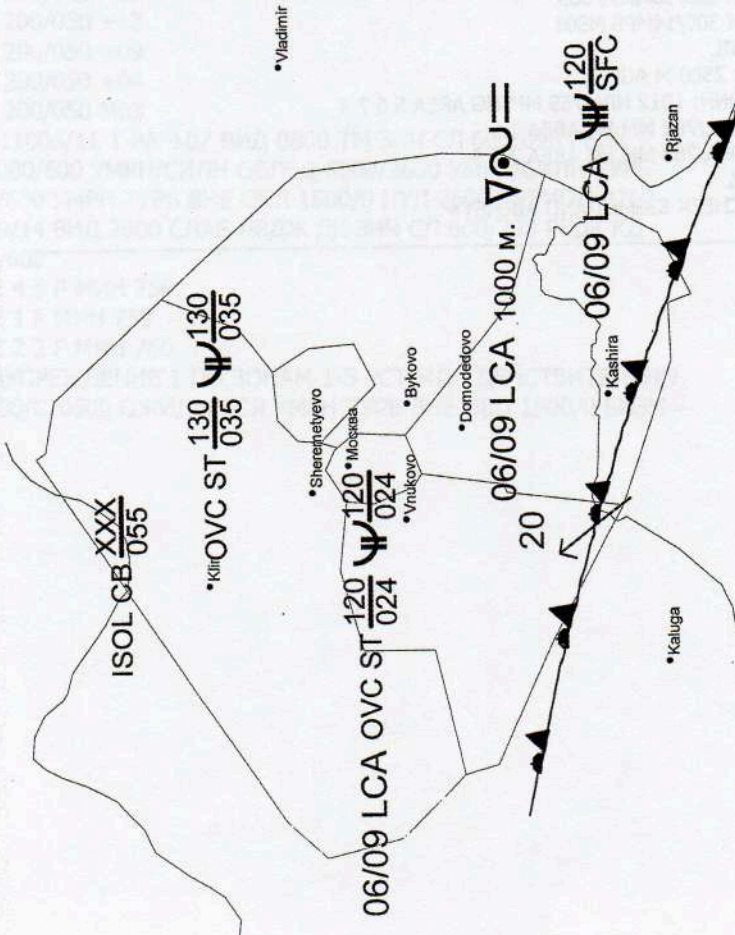
CNH	HPA	1023
MMNM	MM HG	767

 MOD TURB  
 SEV TURB  
 MAX SFC WIND SPEED IN MPS

PG0091 RUVN  
 ISSUED BY MAIN AVIATION METEOROLOGICAL CENTRE MOSCOW  
 FIXED TIME PROGNOSTIC CHART  
 SIGWX BELOW FL100  
 VALID 06 UTC 12.02.2013  
 Period for use 06 - 12 UTC  
 R and CB imply moderate or severe turbulence, icing and hail  
 Virga included if less than 6000m.  
 Units used:  
 Altitudes in tens of metres AMSL.  
 Speed of movement in KM/H.  
 Check SIGMET, AIRMET.  
 Duty Forecaster: Solynina





Приложение 19

**Прогноз по району полетов в форме GAMET для слоя ниже FL100**

10 Oct 2013 00:47 UTC

---

UUVV GAMET VALID 100000/100600 UWGG-  
UUVV MOSCOW FIR/NIZHNY NOVGOROD 1-9 BLW FL100  
SECN I  
SFC VIS: 2000 M SHRA BR  
SIG CLD: BKN 200/1500 M AGL OBSC CB 400/XXX M AGL  
SIGMET APPLICABLE: AT TIME OF ISSUE NIL  
TURB: MOD SFC/FL030  
SECN II  
PSYS: WARM SECTOR OF L  
WIND/T: SFC 230/05G10MPS PS10  
0300 M 260/05MPS PS08  
0600 M 260/08MPS PS07  
1500 M 280/10MPS PS05  
3000 M 300/14MPS MS01  
CLD: NIL  
FZLVL: 2500 M AGL  
MNM QNH: 1012 HPA/759 MM HG AREA 5 6 7 4  
1016 HPA/762 MM HG AREA 1 8  
1018 HPA/763 MM HG AREA 2 3 9  
VA: NIL  
RMK: CHECK SIGMET AND AIRMET=

---

Приложение 20  
Прогноз по району полетов в буквенно-цифровой форме  
для слоя ниже FL100

07 Nov 2013 03:14 UTC

---

URRR ПРОГНОЗ ПОГОДЫ ПО ЗОНАМ 1-5 РОСТОВСКОГО МДП

ОТ 0300 ДО 0900 07.11.2013.

ПОЛЕТ П.Ч.ЛОЖБ

0100 150/020 +07

0200 170/030 +08

0300 190/040 +10

0400 200/040 +12

0500 200/040 +15

1000 200/050 +13

1500 200/050 +09

2000 200/050 +04

3000 200/050 M03

ЗМЛ 11006/11 Т-РА +07 ВИД 0800 ТМ ЗНЧ СЛ 600/090 РЕДК

КД 6000/600 УМРН/СИЛН ОБЛЕД 6000/2600 УМРН/СИЛН ТУРБ

6000/600 УМРН ТУРБ ВНЕ ОБЛ 1500/0 НУЛ 2600 ПЕРИОД 0709

15009/14 ВИД 2000 СЛАБ ЛВДЖ ДК ЗНЧ СЛ 600/200 РЕДК КД  
6000/600

ЗОНЕ 4 5 Р МИН 758

ЗОНЕ 1 Р МИН 759

ЗОНЕ 2 3 Р МИН 760

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ 1 ПО ЗОНАМ 1-5 РСТ МДП ДЕЙСТВИТЕЛЬНО

070000/070600 ОЖИДАЕТСЯ УМРН ТУРБ ВНЕ ОБЛ 1500/0 БИЗМ=

Приложение 21

**Пример информации SIGMET о тропическом циклоне**

FIMM SIGMET 01 VALID 120100/120700 FIMP-FIMM MAURITIUS FIR  
TC IMELDA OBS AT 0000Z S1336 E05854 CB TOP ABV FL450 WI 150NM RADIUS  
FROM TC CENTRE, MOV SE 06KT WKN FCST 12/1200Z S1442 E05900=  
FIMM SIGMET 04 VALID 111900/120100 FIMP-FIMM MAURITIUS FIR TC  
IMELDA OBS AT 1800Z S1312 E05824 CB TOP ABV FL450 WI 110NM RADIUS  
FROM CENTRE, MOV QUASI-STATIONARY NC FCST 12/0600Z TC CENTRE S1400  
E05824=

**Пример информации о тропическом цикло  
не в буквенно-цифровом формате**

TC ADVISORY

DTG: 20130412/0600Z

TCAC: REUNION

TC:IMELDA

NR:16

PSN: S1406 E05854

MOV: SE 07 KT

C: 994 HPA

MAX WIND: 40 KT

FCST PSN +06HR: 12/1200Z S1444 E05902

FCST MAX WIND +06HR: 38 KT

FCST PSN +12HR: 12/1800Z S1517 E05904

FCST MAX WIND +12HR: 35 KT

FCST PSN +18HR: 13/0000Z S1541 E05854

FCST MAX WIND +18HR: 35 KT

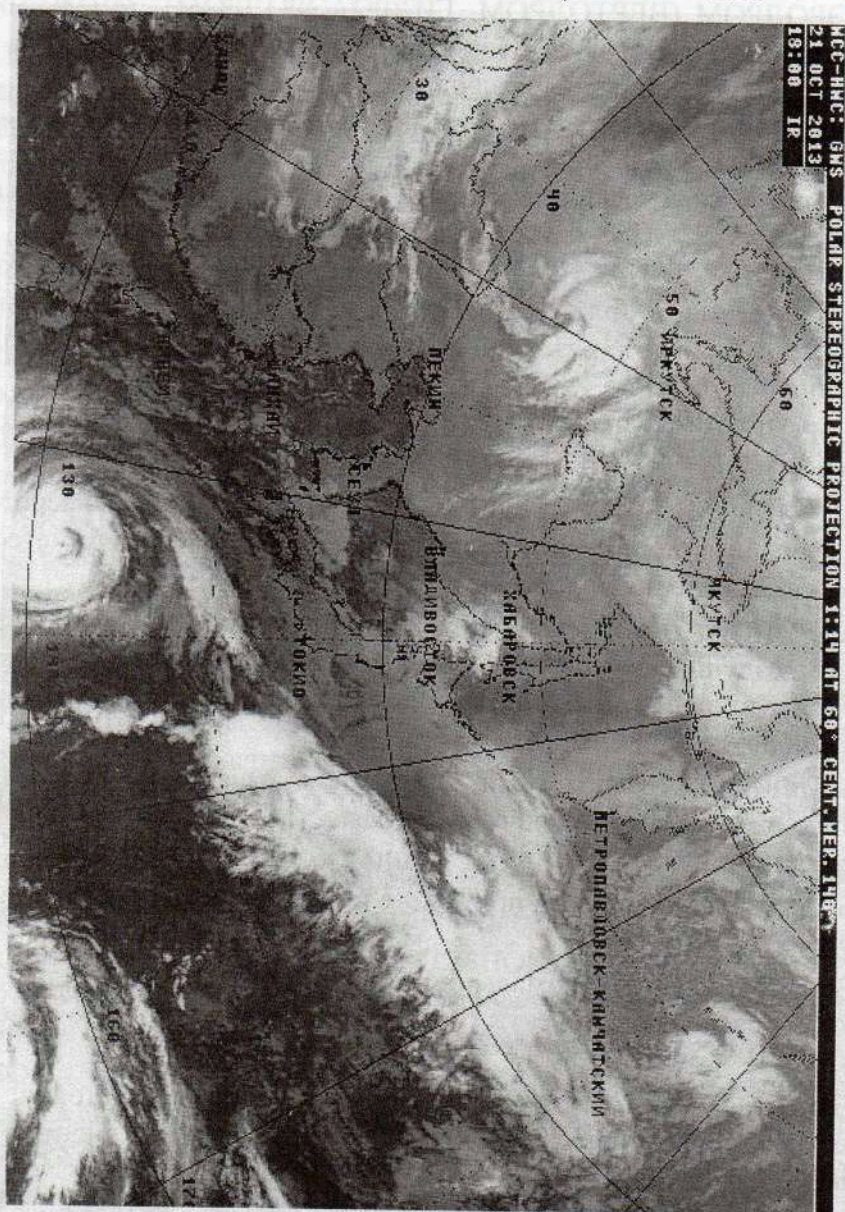
FCST PSN +24HR: 13/0600Z S1601 E05840

FCST MAX WIND +24HR: 35 KT

RMK : NIL

NXT MSG: 20130412/1200Z=

Приложение 22  
 Фотография тропического циклона,  
 полученная с искусственного спутника Земли



## Приложение 23

### Определения

**АЭРОДРОМ (ВЕРТОДРОМ, ГИДРОАЭРОДРОМ).** Земельный или водный участок, специально оборудованный для взлета, посадки, руления, стоянки и обслуживания воздушных судов.

**АЭРОДРОМ ГОРНЫЙ.** Аэродром, расположенный на местности с пересеченным рельефом и относительными превышениями 500 м и более в радиусе 25 км от контрольной точки аэродрома (КТА), а также аэродром, расположенный на высоте 1000 м и более над уровнем моря.

**АЭРОДРОМ ЗАПАСНОЙ.** Указанный в плане полета, выбранный перед полетом или в полете аэродром (в том числе и аэродром вылета), куда может следовать воздушное судно, если посадка на аэродроме назначения невозможна.

**АЭРОДРОМ НАЗНАЧЕНИЯ.** Аэродром, указанный в плане полета и в задании на полет как аэродром намеченной посадки.

**АЭРОДРОМНЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ОРГАН.** Расположенное на аэродроме подразделение, которое предназначено для метеорологического обеспечения полетов воздушных судов.

**АЭРОПОРТ.** Комплекс сооружений, предназначенный для приема, отправки воздушных судов и обслуживания воздушных перевозок, имеющий для этих целей аэродром, аэровокзал и другие сооружения и необходимое оборудование.

**БРИФИНГ.** Предполетный инструктаж, ознакомление с фактическими или ожидаемыми условиями погоды.

**ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНАЯ ПОЛОСА (ВПП).** Часть аэродрома, предназначенная для разбега при взлете и пробега после посадки воздушных судов.

**ВИДИМОСТЬ.** Максимальное расстояние, с которого видны и опознаются неосвещенные объекты (ориентиры) днем и световые ориентиры ночью.

**ВИДИМОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНАЯ.** Максимальное расстояние от поверхности земли до уровня, с которого вертикально вниз видны объекты на земной поверхности.

**ВОЗДУШНОЕ СУДНО.** Летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет его взаимодействия с воздухом.

**ВОЗДУШНАЯ ТРАССА, МЕСТНАЯ ВОЗДУШНАЯ ЛИНИЯ.** Коридор в воздушном пространстве, ограниченный по высоте и ширине, предназначенный для безопасного выполнения полетов воздушными судами и обеспеченный аэродромными средствами навигации, контроля и управления воздушным движением.

**ВСЕМИРНАЯ СИСТЕМА ЗОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗОВ (ВСЗП).** Всемирная система, обеспечивающая представление в единообразной стандартизированной форме авиационных метеорологических прогнозов по маршрутам полетов всемирными и региональными центрами зональных прогнозов.

**ВСЕМИРНЫЙ ЦЕНТР ЗОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗОВ (ВЦЗП).** Метеорологический центр, предназначенный для подготовки глобальных прогнозов особых явлений погоды, ветра и температуры на высотах в цифровой и/или графической форме в глобальном масштабе и обеспечения ими региональных центров зональных прогнозов.

**ВЫСОТА АБСОЛЮТНАЯ.** Расстояние по вертикали от среднего уровня моря до уровня, точки или объекта, принятого за точку.

**ВЫСОТА ОТНОСИТЕЛЬНАЯ.** Расстояние по вертикали от указанного исходного уровня до уровня, точки или объекта, принятого за точку.

**ДАВЛЕНИЕ НА АЭРОДРОМЕ (QFE).** Атмосферное давление в миллиметрах ртутного столба (мм. рт. ст.) или гектопаскалях (гПа) на уровне порога ВПП.

**ДАВЛЕНИЕ QNH.** Атмосферное давление, приведенное к среднему уровню моря для стандартной атмосферы.

**ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ НА ВПП.** Расстояние, в пределах которого пилот воздушного судна, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировку покрытия ВПП или огни, ограничивающие ВПП или обозначающие ее осевую линию.

**ДАнные В УЗЛАХ РЕГУЛЯРНОЙ СЕТКИ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ.** Обработанные на ЭВМ метеорологические данные для группы равномерно расположенных на карте точек.

**ЗОНА (РАЙОН) УВД.** Воздушное пространство установленных размеров, в которых орган УВД осуществляет свои функции.

**ЗОНА ПРИЗЕМЛЕНИЯ.** Участок ВПП за ее порогом, предназначенный для первого касания ВПП приземляющимися самолетами.

**ИНФОРМАЦИЯ SIGMET.** Информация о фактическом или ожидаемом возникновении определенных явлений погоды по маршруту полета, которые могут повлиять на безопасность полетов воздушных судов.

**КОНСУЛЬТАЦИЯ (МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ).** Обсуждение с метеорологом фактических и/или ожидаемых метеорологических условий, связанных с выполнением полета; обсуждение включает ответы на вопросы.

**ЛЕТНОЕ ПОЛЕ.** Часть аэродрома, на которой расположены одна или несколько летных полос, рулежные дорожки, перроны и площадки специального назначения.

**МЕСТНОСТЬ ГОРНАЯ.** Местность с пересеченным рельефом и относительными превышениями 500 м и более в радиусе 25 км, а также местность с превышениями над уровнем моря 2000 м и более.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ.** Метеорологическая сводка, анализ, прогноз и любое другое сообщение, касающееся фактических или ожидаемых метеорологических условий.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СВОДКА.** Сообщение о результатах наблюдений за метеорологическими условиями, относящихся к определенному времени и месту.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ОРГАН.** Орган, предназначенный для метеорологического обеспечения гражданской авиации.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОЛНОМОЧНЫЙ ОРГАН.** Полномочный орган, осуществляющий метеорологическое обеспечение гражданской авиации или организующий такое обеспечение.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ.** Оценка одного или нескольких метеорологических элементов и/или явлений погоды.

**МИНИМУМ АЭРОДРОМА.** Минимально допустимые значения дальности видимости на ВПП (видимости) и высоты принятия решения (высоты нижней границы облаков), при которых на данном аэродроме разрешается выполнение взлетов и посадок воздушных судов данного типа.

**НАБЛЮДЕНИЕ С БОРТА ВОЗДУШНОГО СУДНА.** Оценка одного или нескольких метеорологических элементов, произведенная на борту воздушного судна, находящегося в полете.

**ОКТАНТ.** Восьмая часть небесного свода.

**ОРГАН МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕЖЕНИЯ.** Метеорологический орган, осуществляющий контроль за метеоусловиями в определенной зоне ответственности, совпадающей с границами соответствующего района полетной информации.

**ОРГАН УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ.** Общий термин, означающий в соответствующих случаях центр Единой системы управления воздушным движением, ведомственный командный, диспетчерский или другой пункт, выполняющий в пределах своей компетенции функции планирования и координирования использования воздушного пространства, непосредственного управления полетами (воздушным движением), контроля за соблюдением порядка и использования воздушного пространства и режима полетов в установленных для них зонах и районах.

**ПОЛЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ (МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ).** Заполненные от руки или напечатанные документы, в том числе карты или бланки, которые содержат метеорологическую информацию для полета.

**ПОЛЕТ ПО ПРИБОРАМ.** Полет, выполняемый в условиях, когда пространственное положение воздушного судна и его местонахождение определяются экипажем полностью или частично по пилотажным и навигационным приборам.

**ПОЛЕТ ВИЗУАЛЬНЫЙ.** Полет, выполняемый в условиях, когда местонахождение воздушного судна определяется по естественному горизонту и земным ориентирам.

**ПОРОГ ВПП.** Начало участка ВПП, который может использоваться для посадки воздушных судов.

**ПРЕВЫШЕНИЕ.** Расстояние по вертикали от среднего уровня моря до точки или уровня земной поверхности или связанного с ней объекта.

**ПРОГНОЗ (ПОГОДЫ).** Описание метеорологических условий, ожидаемых в определенное время или период времени в определенной зоне или части воздушного пространства.

**ПРОГНОЗ ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ.** Прогноз, составленный при отсутствии исходной метеорологической информации.

**ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ КАРТА.** Графическое изображение на карте прогноза определенного метеорологического элемента (элементов), явления (явлений) на определенный момент или период времени для определенной поверхности или части воздушного пространства.



**ПУНКТ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ДОНЕСЕНИЙ.** Географическая точка на воздушной трассе, о пролете которой экипаж воздушного судна обязан сообщить органу УВД.

**РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА VOLMET.** Регулярная радиовещательная передача метеорологической информации для воздушных судов, находящихся в полете.

**РАЙОН АЭРОДРОМА.** Воздушное пространство над аэродромом и прилегающей к нему местностью в установленных границах в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЗОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗОВ (РЦЗП).** Метеорологический центр, предназначенный для подготовки и распространения зональных прогнозов, необходимых для полетов, начинающихся на аэродромах в районе обслуживания, посредством карт особых явлений погоды, ветра и температуры или открытого текста.

**СЛУЖБА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА (ATIS).** Предоставление круглосуточно или в определенное время суток текущей установленной информации для прибывающих и вылетающих воздушных судов в виде непрерывных повторяющихся радиопередач.

**СТАНДАРТНАЯ ИЗОБАРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ.** Изобарическая поверхность, используемая для графического представления и анализа атмосферных условий.

**ТРОПИЧЕСКИЙ ЦИКЛОН.** Общий термин для обозначения нефронтального циклона синоптического масштаба, зарождающегося в океане тропической или субтропической зоны с выраженной конвективной и развитой циклонической циркуляцией приземного ветра.

**ЭКСПЛУАТАНТ.** Лицо, организация, предприятие, занимающееся эксплуатацией воздушных судов или предлагающее свои услуги в этой области.

**ЭШЕЛОН ПОЛЕТА.** Установленная высота полета воздушного судна относительно изобарической поверхности, соответствующей стандартному давлению 1013,2 гПа (760 мм. рт. ст.).

*Приложение 24*  
**Принятые сокращения**

AFTN	– сеть авиационной фиксированной электросвязи (от англ. Aeronautical Fixed Telecommunication Network)
AIREP	– донесение с борта воздушного судна по форме, предписанной ИКАО (от англ. airtreport)
AIRMET	– выпускаемая метеорологическим органом (АМСГ) информация о фактическом или ожидаемом возникновении определенных условий погоды по маршруту (району) полета, которые могут повлиять на безопасность
ATIS	– служба автоматической передачи информации в районе аэродрома (от англ. Automatic terminal information service)
GAMET	– зональный прогноз — прогноз для полетов на малых высотах, составляемый открытым текстом с сокращениями применительно к территории районного центра УВД метеорологическим органом (АМЦ, АМСГ) и передаваемый метеорологическим органом соседних РЦ УВД по соглашению
METAR	– регулярное сообщение о погоде для авиации (кодовая форма)
MOTNE	– сеть метеорологической оперативной электросвязи в Европе (от англ. Meteorological Operational Telecommunication Network in Europe)
SPECI	– выборочное специальное сообщение о погоде для авиации (кодовая форма)
TAF	– прогноз погоды по аэродрому (кодовая форма)
VOLMET	– метеорологическая информация для воздушных судов, находящихся в полете.
АДП	– аэродромный диспетчерский пункт
АМСГ	– авиационная метеорологическая станция (гражданская)
АМЦ	– авиационный метеорологический центр
АС УВД	– автоматизированная система Управления воздушным движением
АСПД	– автоматизированная система передачи данных Росгидромета
АХР	– авиационные химические работы
БПРМ	– ближний приводной радиомаркер
ВМДП	– вспомогательный местный диспетчерский пункт
ВМО	– всемирная метеорологическая организация
ВПП	– взлетно-посадочная полоса
ВРЦ ЕС УВД	– вспомогательный районный центр ЕС УВД

ВСЗП	– всемирная система зональных прогнозов
ВЦЗП	– всемирный центр зональных прогнозов
ГА	– гражданская авиация
ГАМЦ	– главный авиаметеорологический центр
ГМС	– гидрометеорологическая станция
ДПК	– диспетчерский пункт круга
ДПП	– диспетчерский пункт подхода
ДПР	– диспетчерский пункт руления
ДПСП	– диспетчерский пункт системы посадки
ЕС УВД	– единая система Управления воздушным движением
ЗАМЦ	– зональный авиационный метеорологический центр
ЗЦ ЕС УВД	– зональный центр ЕС УВД
ИКАО	– международная организация гражданской авиации (от англ. International Civil Aviation Organization)
КДП	– командно-диспетчерский пункт
КДП МВЛ	– командно-диспетчерский пункт местных воздушных линий
КТА	– контрольная точка аэродрома
МБП	– морская буровая платформа
МВЛ	– местная воздушная линия
МДП	– местный диспетчерский пункт
МРЛ	– метеорологический радиолокатор
МСВ	– международное скоординированное время UTC
НАМС	– наставление по метеорологической службе авиации Вооруженных Сил
ОВИ	– огни высокой интенсивности
ОВЧ	– очень высокая частота (метровые волны)
ОГ	– оперативная группа
ОМИ	– огни малой интенсивности
ОПН	– основной пункт наблюдений
ПВП•	– правила визуальных полетов
ПДП	– пункт диспетчера посадки
ПДС УВТ	– производственно-диспетчерская служба управления воздушного транспорта
ПДСП	– производственно-диспетчерская служба предприятия
ПО ГА	– производственное объединение гражданской авиации
ППП	– правила полетов по приборам
РУВТ	– региональное управление воздушного транспорта
РЦЗП	– региональный центр зональных прогнозов

СДП	– стартовый диспетчерский пункт
СОАС	– система обмена авиационными сведениями в Восточной Европе
УВД	– управление воздушным движением
УГМС	– управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
ЦПДУ ГА	– центр производственно-диспетчерских услуг гражданской авиации
ЭРТОС	– эксплуатация радиотехнического оборудования и связи

## Список литературы

1. *Алисов Б.П., Дмитриев А.А., Лоидис А.П., Мальченко Е.В.* Метеорология. Часть I. — М.: Гидрометеиздат, 1939 г.
2. *Астапенко П.Д., Баранов А.М., Белоусова Л.Ю., Иванов В.И., Коган Л.И., Трунов О.Н., Шварев И.М.* Авиационная метеорология. — М.: Транспорт, 1979 г.
3. *Астапенко П.Д., Баранов А.М., Шварев И.М.* Авиационная метеорология. — М.: Транспорт, 1985 г.
4. *Астапенко П.Д., Баранов А.М., Шварев И.М.* Погода и полеты самолетов и вертолетов. — Л.: Гидрометеиздат, 1980 г.
5. *Баранов А.М., Губицин Г.А., Иоффе М.М., Криуленко Е.Л., Лисодет В.Н.* Авиационная метеорология. — М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1971 г.
6. *Баранов А.М., Солонин С.В.* Авиационная метеорология. — Л.: Гидрометеиздат, 1981 г.
7. *Васильев А.А., Глазунов В.Г.* Сдвиги ветра, турбулентность и вертикальные потоки в нижнем слое атмосферы, влияющие на взлет и посадку воздушных судов. — Л.: Гидрометеиздат, 1979 г.
8. *Васильев А.А., Шметер С.М.* Условия полетов вблизи кучево-дождевых облаков. — М.: Московское отделение гидрометеиздата, 1982 г.
9. *Глазунов В.Г.* Оповещение о сильных сдвигах ветра в районе аэродрома. — Л.: Гидрометеиздат, 1983 г.
10. *Зак М.Е., Мазурин Н.И.* Метеорологические условия полета летательных аппаратов. — М.: Транспорт, 1978 г.
11. *Иоффе М.М., Приходько М.Н.* Справочник авиационного метеоролога. — М.: Воениздат, 1977 г.
12. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации (НМО-ГА 95) — М.: Росгидромет, 1995 г.
13. *Погосян Х.П.* Атмосфера и человек. — М.: Просвещение, 1977 г.
14. *Погосян Х.П.* Циклоны. — Л.: Гидрометеиздат, 1976 г.
15. *Хргиан А.Х.* Очерки развития метеорологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1959 г.
16. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. — Л.: Гидрометеиздат, 1974 г.
17. INSTRUMENT PILOT learning guaid. Copyright 2011 Five By Five, Inc.

## ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЛЕТОВ НА БОЛЬШИХ ВЫСОТАХ

Полеты на больших высотах происходят в верхней части тропосферы, нижней части стратосферы и в переходном слое — тропопаузе. Каждый из этих слоев атмосферы имеет свои отличия и особенности условий погоды.

В верхней тропосфере наблюдаются облака верхнего яруса, зоны сильных ветров, носящих название струйных течений, зоны повышенной турбулентности, обледенения воздушных судов, а также кучево-дождевые облака и грозы; возможно выпадение града.

В нижней стратосфере облака отсутствуют, но иногда этих высот могут достигать отдельные вершины кучево-дождевых облаков. Сильные ветры и турбулентность ослабевают, опасные явления погоды не наблюдаются. Здесь обычно отмечается изотермия, и, следовательно, для обеспечения безопасности полета нужно учитывать отклонения температуры воздуха от температуры стандартной атмосферы.

### 3.1. ТРОПОПАУЗА

Тропопауза — переходный слой, располагающийся между тропосферой и стратосферой, толщиной от нескольких сотен метров до 2—3 км. В слое тропопаузы вертикальный температурный градиент отличается от стандартного. Могут наблюдаться незначительные понижения температуры с высотой (0,1 — 0,3°C на 100 м), изотермия (температура с высотой не меняется) и инверсионный ход температуры (температура с высотой растет). Иногда наблюдается сложный ход температуры (рост, затем падение и снова рост и др.). Тропопауза является мощным задерживающим слоем, определяющим положение верхней границы облаков, слоем ухудшенной видимости дымкой из пыли и других примесей.

На прогностических картах отмечают нижнюю границу слоя тропопаузы. Высота тропопаузы в высоких широтах 8—10 км, в умеренных — 10—12 км, над экватором — 16—18 км. Зимой тропопауза ниже, чем летом; кроме того, высота тропопаузы меняется при прохождении циклонов и антициклонов: в циклонах она опускается, в антициклонах поднимается. Вблизи 30 — 40° с. и ю.ш. (в зоне субтропических струйных течений) тропопауза имеет разрыв. Это обусловлено сближением холодного воздуха умеренных широт и теплого воздуха тропической зоны, имеющих разную высоту тропопаузы. Из-

менение высоты тропопаузы зависит от адвекции тепла и холода. Угол наклона тропопаузы вычисляется путем деления разности между высотами тропопаузы в двух соседних точках на расстояние между ними (при вычислении единицы измерения должны быть приведены в километры). На участке маршрута полета, где тропопауза имеет большой наклон (превышающий  $1/300$ ), можно встретить циклическую болтанку от умеренной до сильной.

При анализе и оценке метеорологических условий полета нужно обратить внимание на прогностические значения высот тропопаузы по маршруту, указанные на карте особых явлений (см. раздел 6.3), и учесть их при принятии решения на вылет.

### 3.2. СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Струйные течения — сравнительно узкие зоны сильных ветров в верхней тропосфере и нижней стратосфере. Границей струйного течения (СТ) обычно считается скорость ветра, равная 30 м/с (60 узлов), а также 100 км/ч; вертикальный сдвиг скорости ветра — от 5 до 10 м/с и более на 1 км высоты, горизонтальный сдвиг ветра — 10 м/с и более на 100 км. СТ напоминает сильно сплюснутую трубу гигантских размеров, высота которой 1—5 км, ширина 500—1000 км и длина — тысячи километров (рис. 35). Иногда струйные течения огибают весь земной шар.

Струйные течения образуются в зонах сближения теплых и холодных воздушных масс, где создаются значительные градиенты давления и температуры. Поэтому они часто связаны с высотными фронтальными зонами и соответственно называются *внетропическими*, *субтропическими* и *экваториальными*.

Внетропические струйные течения связаны с арктическими и полярными атмосферными фронтами. Над территорией СНГ скорости ветра в струйных течениях достигают 100—200 км/ч (иногда 250 км/ч), над Азией и Африкой в среднем 200—300 км/ч, над Северной Атлантикой и Западной Европой — 300—400 км/ч, над Америкой — до 500 км/ч, над Японией и Тихим океаном — около 700 км/ч. Максимальная скорость наблюдается на оси СТ. Ось СТ обычно располагается на 1—2 км ниже тропопаузы. Вдоль оси СТ скорость ветра неодинакова. Выделяются подвижные очаги с большими значениями скорости, перемещающиеся вдоль оси СТ и претерпевающие эволюцию: они то возникают и усиливаются, то ослабевают и исчезают. СТ испытывает аналогичное перемещение, как и высотная фронтальная зона.

В зоне СТ, главным образом на ее периферии, наблюдаются очаги турбулентности, вызывающие болтанку воздушных судов. Наиболее интенсивные турбулентные очаги наблюдаются слева от оси и в нижней части СТ (около 70% всех случаев болтанки, отмеченных при полетах в струйных течениях).

Наиболее благоприятные условия для полета отмечаются вдоль оси струи или справа от нее. Турбулентность, связанная со струйным течением, может наблюдаться при ясном небе. На прогностических картах особых явлений эти зоны отмечаются буквами ТЯН (турбулентность ясного неба), а в метеорологической документации, подготовленной для международного полета — САТ (Clear Air Turbulence).

Отдельные облачные полосы часто возникают в правой нижней части СТ, облака быстро меняют форму, как бы "кипят".

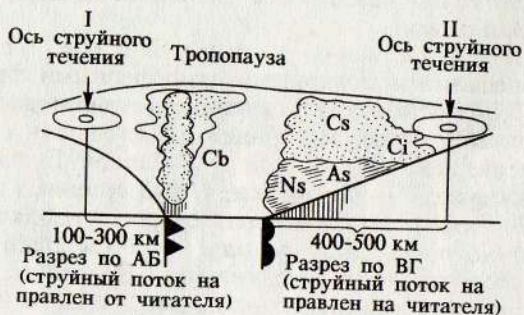
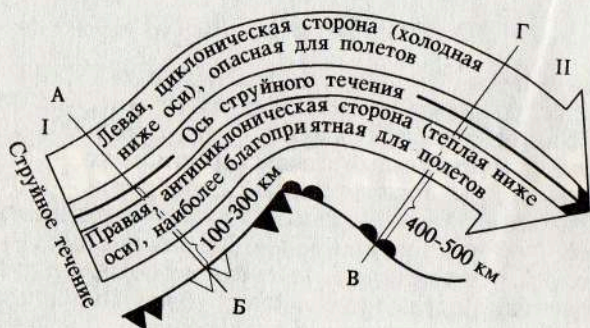


Рис.35. Положение струйного течения относительно атмосферных фронтов

При полетах по трассам большой протяженности следует ознакомиться со спутниковой информацией (рис. 36). Облачность на снимке со спутника обычно имеет вид "лестницы", у которой правая сторона более светлая и сплошная, а левая имеет хаотичную, грядовую структуру.



Для учета влияния СТ на условия полета следует ознакомиться с фактическими картами максимальных ветров и картами барической топографии 300, 250 и 200 гПа. Прогностические данные о СТ имеются на прогностических картах, входящих в полетную метеодокументацию: сведения о максимальной скорости и направлении ветра на оси СТ можно получить на карте особых явлений, на которой стрелкой указывается направление оси С, в разрыве стрелки дается скорость ветра в виде оперения (треугольник — 25 м/с, большое перо — 5 м/с, малое — 2,5 м/с). Над линией стрелки или в разрыве ее ставится высота (в уровнях полета или в десятках метров). (рис. 37).

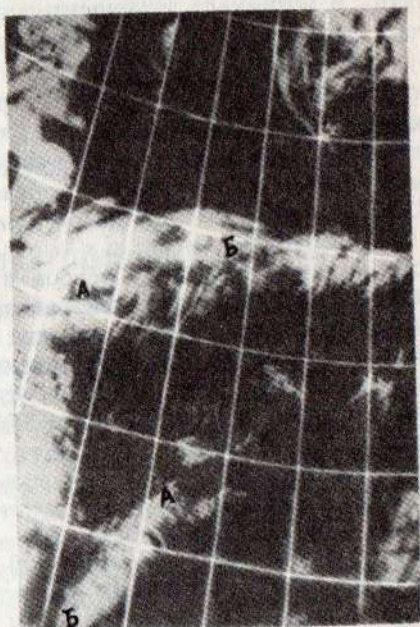


Рис.36. Фотография облачной полосы струйного течения (А, Б)

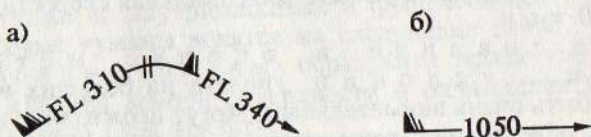


Рис.37. Прогностические данные максимального ветра на картах особых явлений погоды: а — на картах ИКАО, б — на картах, составляемых в СНГ; граница разных данных ветра указывается двумя вертикальными линиями

При анализе и оценке метеорологических условий полета на карте особых явлений следует обратить внимание, на каком расстоянии от атмосферного фронта и на какой высоте ожидается ось СТ и какая максимальная скорость указана на оси СТ. Ответы на эти вопросы помогут оценить активность и скорость движения фронтов, а также уточнить высоту тропопаузы. Признаком приближения СТ или пересечения его ВС является резкое изменение угла сноса ВС, а также изменение температуры воз-

воздуха. Если происходит сильный левый снос ВС и при этом довольно быстро повышается температура воздуха ( $2-3^{\circ}\text{C}$  и более на 100 км пути) и возникает турбулентность, то это значит, что ВС входит в зону СТ с левой стороны. При входе ВС в зону СТ с правой стороны будет наблюдаться правый снос и медленное понижение температуры воздуха ( $1-2^{\circ}\text{C}$  на 100 км). При полете вдоль оси СТ температура воздуха остается без изменений, и лишь увеличивается (при попутном ветре) или уменьшается (при встречном ветре) путевая скорость. При попадании в зону сильной турбулентности, обусловленную наличием СТ, следует изменить высоту полета на 300 — 400 м.

Субтропическое струйное течение — зона сильных западных ветров в тропосфере субтропических широт относится к категории наиболее устойчивых течений. Считают, что субтропическое струйное течение обусловлено сходимостью антипассатов и западных ветров умеренных широт, образующих высотный субтропический фронт. Зимой субтропическое СТ в северном полушарии располагается на широтах  $25-35^{\circ}$  с.ш. Летом СТ ослабевает и наблюдается лишь местами между  $35$  и  $45^{\circ}$  с.ш.

В южном полушарии СТ весь год наблюдается в районе широт  $25-30^{\circ}$ . Ось этого СТ располагается на высотах 11—16 км. Скорость ветра на оси СТ в среднем 200—300 км/ч, а в отдельных случаях может увеличиваться до 400—500 км/ч. К субтропическим относятся и СТ над Японией и Тихим океаном, где максимальная скорость ветра может составлять около 700 км/ч.

Экваториальное струйное течение — восточное течение в стратосфере вблизи экватора, ось которого расположена на высоте 20—30 км; максимальная скорость ветра составляет 150—200 км/ч.

При анализе и оценке метеорологических условий полета на больших высотах экипажу следует быть очень внимательным. Могут неожиданно встретиться зоны сильного обледенения, зоны кучево-дождевых облаков и электризации ВС, сильная турбулентность и зоны СТ.

При полетах на высотах, близких к потолку ВС, и значительных положительных отклонениях температуры от стандартных значений может возникнуть потеря устойчивости, управляемости, выход на критические углы атаки и нарушение прочности ВС. Экипаж ВС в таких условиях должен своевременно принять меры для обеспечения безопасности полета.

При невозможности обхода опасной зоны путем изменения маршрута или высоты полета экипаж обязан возвратиться на аэродром вылета или произвести посадку на ближайшем запасном аэродроме.