

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

**Кафедра вычислительных машин, комплексов, систем и сетей
Л.Е.Рудельсон**

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Часть II

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Книга 7

ОБРАБОТКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Утверждено Редакционно-
издательским советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия

Москва – 2009

ББК 0580.2
Р83

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА
Рецензенты: д-р технических наук, профессор А.И. Логвин,
д-р технических наук, профессор В.Н. Вагин (МЭИ)

Рудельсон Л.Е.

Р83 Программное обеспечение автоматизированных систем управления
воздушным движением. Часть II. Функциональное программное обес-
печение. Книга 7. Обработка метеорологической информации – М.:
МГТУ ГА, 2009. - с 96.

ISBN.....

В книге в систематизированном виде с позиций программиста излагаются основы авиационной метеорологии, атмосферные факторы, препятствующие выполнению полетов, фазы сбора и обработки метеорологических данных, а также вопросы взаимодействия оперативного персонала с системой. Формулируются требования к программной поддержке технологии работы диспетчера с помощью представления на экранах индикаторов картины воздушной обстановки с учетом явлений погоды. На вход вычислительного комплекса поступают измеренные параметры метеорологических элементов. Наиболее ценным результатом их компьютерной обработки становится обновляемое с установленным темпом отображение динамически изменяющегося состояния атмосферы и прогноз погодной ситуации. Зоны метеоявлений, поля давления и ветра перемещаются по экранам диспетчеров на фоне картографии и снабжаются формулярами сопровождения, дополняются списками и другими данными, формализованными регламентирующими документами гражданской авиации.

Пособие рассчитано на студентов специальности 23.01.01 очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры ВМКСС __.__.09
и методического совета __.__.09.

Р $\frac{2404000000 - 032}{Ц 33 (03)}$

ББК 0580.2
св. тем. план 2009
поз.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.1. Задачи обработки метеорологической информации.....	4
1.2. Состав и характеристика элементов системы.....	6
1.3. Программная поддержка метеорологической системы.....	8
2. ЭЛЕМЕНТЫ АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ	10
2.1. Термины и определения.....	10
2.1.1. Строение атмосферы.....	10
2.1.2. Стандартная атмосфера.....	12
2.1.3. Метеорологические элементы.....	14
2.1.4. Метеорологические явления.....	16
2.2. Элементы аэродинамики.....	23
2.2.1. Основные уравнения.....	23
2.2.2. Аэродинамическая сила.....	24
2.2.3. Аэродинамическое качество.....	25
2.3. Влияние параметров атмосферы на полеты воздушных судов.....	29
2.3.1. Влияние температуры и давления на показания приборов.....	29
2.3.2. Влияние температуры и давления на аэродинамику полета....	31
2.3.3. Обледенение, турбулентность, туман, орнитология.....	34
3. СБОР И ОБРАБОТКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	47
3.1. Источники метеорологической информации	47
3.1.1. Схема сбора метеорологической информации.....	47
3.1.2. Обработка метеорологических сообщений.....	50
3.1.3. Виды метеорологических наблюдений.....	52
3.2. Сбор радиолокационной информации.....	58
3.2.1. Метеорологические радиолокаторы.....	58
3.2.2. Сопряжение радиолокаторов.....	60
3.2.3. Анализ радиолокационных измерений.....	61
3.3. Обобщение метеорологической информации.....	64
3.3.1. Распределение программных функций.....	64
3.3.2. Оперативное прогнозирование особых явлений.....	66
3.3.3. Взаимодействие с другими комплексами программ.....	68
4. ОБРАБОТКА ФУНКЦИЙ ВЫЗОВА И ВВОДА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ...	72
4.1. Взаимодействие метеорологической группы с системой.....	72
4.1.1. Отображение и ввод метеорологической информации	72
4.1.2. Отображение данных и функции ввода инженера-синоптика..	76
4.1.3. Дополнительные функции пульта синоптика.....	79
4.2. Функции вызова метеорологической информации диспетчеров.....	86
4.2.1. Функции диспетчера радиолокационного управления.....	86
4.2.2. Функции диспетчера процедурного контроля.....	87
4.2.3. Отображение информации диспетчерам аэродрома.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. **ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.** Полеты воздушных судов (ВС) являются основным видом деятельности по использованию воздушного пространства (ИВП), определенному в [1] как перемещение материальных объектов в воздушном пространстве (ВП), т.е. в ограниченном объеме атмосферы. Движение самолетов возможно лишь в этой изменчивой естественной «среде обитания», и его законы с достаточной полнотой изучены прикладной аэродинамикой. Однако в атмосфере, предоставляющей авиации уникальную возможность выполнять свою работу, протекают также и физические процессы, препятствующие успешному производству полетов. Эффективная организация ИВП предполагает наличие достоверной информации о состоянии среды, в которой осуществляется движение потоков ВС.

Данные о состоянии атмосферы автоматизированным системам (АС) управления воздушным движением (УВД) предоставляет метеорологическая служба гражданской авиации (ГА). Теоретическую базу ее деятельности составляет авиационная метеорология – прикладная научная дисциплина, занимающаяся изучением влияния метеорологических факторов на безопасность, регулярность и экономическую эффективность полетов самолетов и вертолетов, а также разрабатывающая научные основы и практические приемы их метеорологического обеспечения. Практические результаты этой дисциплины начинаются с выбора местоположения аэропорта, с определения направления и требуемой длины взлетно-посадочной полосы на аэродроме, с последовательного исследования целого комплекса вопросов о сезонном состоянии воздушной среды, определяющем условия выполнения полетов. Значительное внимание она уделяет и вопросам чисто организационным, таким, как составление расписания полетов, которое должно оптимальным образом учитывать состояние погоды, или содержание и форма передачи на борт заходящего на посадку самолета информации о характеристиках приземного слоя воздуха, имеющих решающее значение для безопасности завершающей фазы полета и т.д.

Метеослужба решает задачи обеспечения метеорологической информацией взаимодействующих служб аэропорта, собственного и смежных РЦ и других потребителей. Она обеспечивает также взаимодействие с АС УВД:

- выборку поступающих метеорологических сообщений о фактической и прогнозируемой погоде, штормовых предупреждениях по аэродромам зоны ответственности АС УВД, трассам, маршрутам и секторам, преобразование формата и передачу метеорологических данных в объеме, предусмотренном протоколом информационного обмена с АС УВД;
- передачу в АС УВД сообщений от автоматизированных метеорологических радиолокационных комплексов (АРК) с данными о контурах зон опасных для авиации явлений погоды;
- передачу сообщений о прогнозируемом ветре и температуре на высотах;

- передачу информации о планируемом выпуске радиозондов и расчетной траектории их перемещения.

Исходные данные для работы метеослужбы ГА поставляет Росгидромет, а также разветвленная сеть авиационных метеорологических станций наблюдения погоды. Датчиками информации служат приборы метеостанций (оборудование барометрической группы, анемометры и др.), измеряющее метеорологические элементы (температуру, атмосферное давление, влажность, направление и скорость ветра и пр.), а также шары-радиозонды и метеорологические искусственные спутники Земли.

Важную роль играют специальные метеорологические радиолокаторы (МРЛ). Они существенно отличаются от обзорных диспетчерских радиолокаторов. При довольно большой дальности действия (до 300 км и более) они обладают высокой точностью и разрешающей способностью при вероятности обнаружения метеорологических образований (гидрометеоров) не менее 0,8-0,9. Кроме того, МРЛ наряду с наклонной дальностью и азимутом гидрометеоров должны измерять и угол места (высоту до них).

Благодаря этим особенностям, МРЛ позволяют решать такие задачи, как обнаружение атмосферных образований, оценка их границ и классификация по типу; вычисление высоты и толщины слоя облачности и распределения облачности по высотам; расчет количественных характеристик атмос-

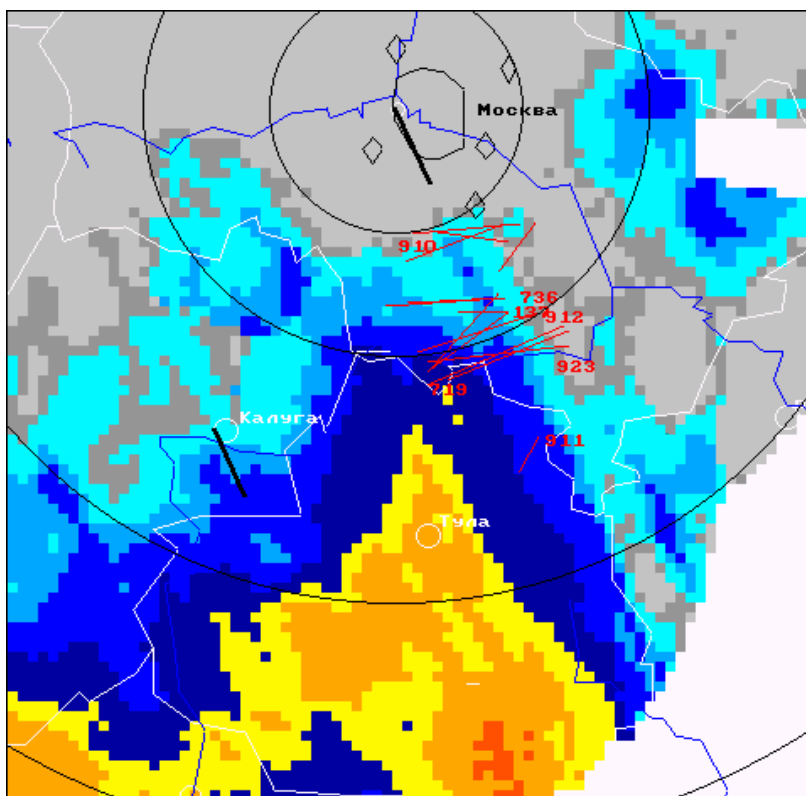


Рис. 1.1. Пример оценки состояния атмосферы в воздушном пространстве по данным МРЛ

ферных образований, в том числе градовых очагов, интенсивности осадков; определение направления и скорости перемещения облачности. Персоналу становится известным состояние погоды в ВП, появляется возможность прогнозировать его развитие. Пример обработки данных МРЛ иллюстрирует рис. 1.1. Многокрасочное компьютерное отображение представлено здесь оттенками серого цвета, что снижает впечатление от результата. В оригинале каждой характеристике погоды (облачность, осадки, ветер, гроза и т.д.) соответствует определенная расцветка условного обозначения.

1.2. СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ. В состав авиационной системы метеорологического обеспечения (АСМО) входят:

сферных образований, в том числе градовых очагов, интенсивности осадков; определение направления и скорости перемещения облачности. Персоналу становится известным состояние погоды в ВП, появляется возможность прогнозировать его развитие. Пример обработки данных МРЛ иллюстрирует рис. 1.1. Многокрасочное компьютерное отображение представлено здесь оттенками серого цвета, что снижает впечатление от результата. В оригинале каждой характеристике погоды (облачность, осадки, ветер, гроза и т.д.) соответствует определенная расцветка условного обозначения.

центральная автоматизированная информационная система (АИС), выполняющая функции центра коммутации сообщений, обеспечивая своевременную доставку необходимой метеорологической информации до потребителей;

сеть автоматизированных метеорологических радиолокационных комплексов (АМРК) для обеспечения АС УВД и аэропортов информацией об опасных явлениях погоды в наиболее удобном для потребителя виде;

сеть АИС обработки результатов метеорологических наблюдений;

сеть неавтоматизированных станций метеорологических наблюдений;

сеть комплексных радиотехнических аэродромных метеорологических станций (КРАМС) для измерения и обработки информации о параметрах атмосферы на аэродроме, формирования метеорологических сообщений, отображения, регистрации и рассылки информации по каналам связи.

Схема аэродромного фрагмента АСМО, выпускаемого Институтом радарной метеорологии, представлена на рис. 1.2.

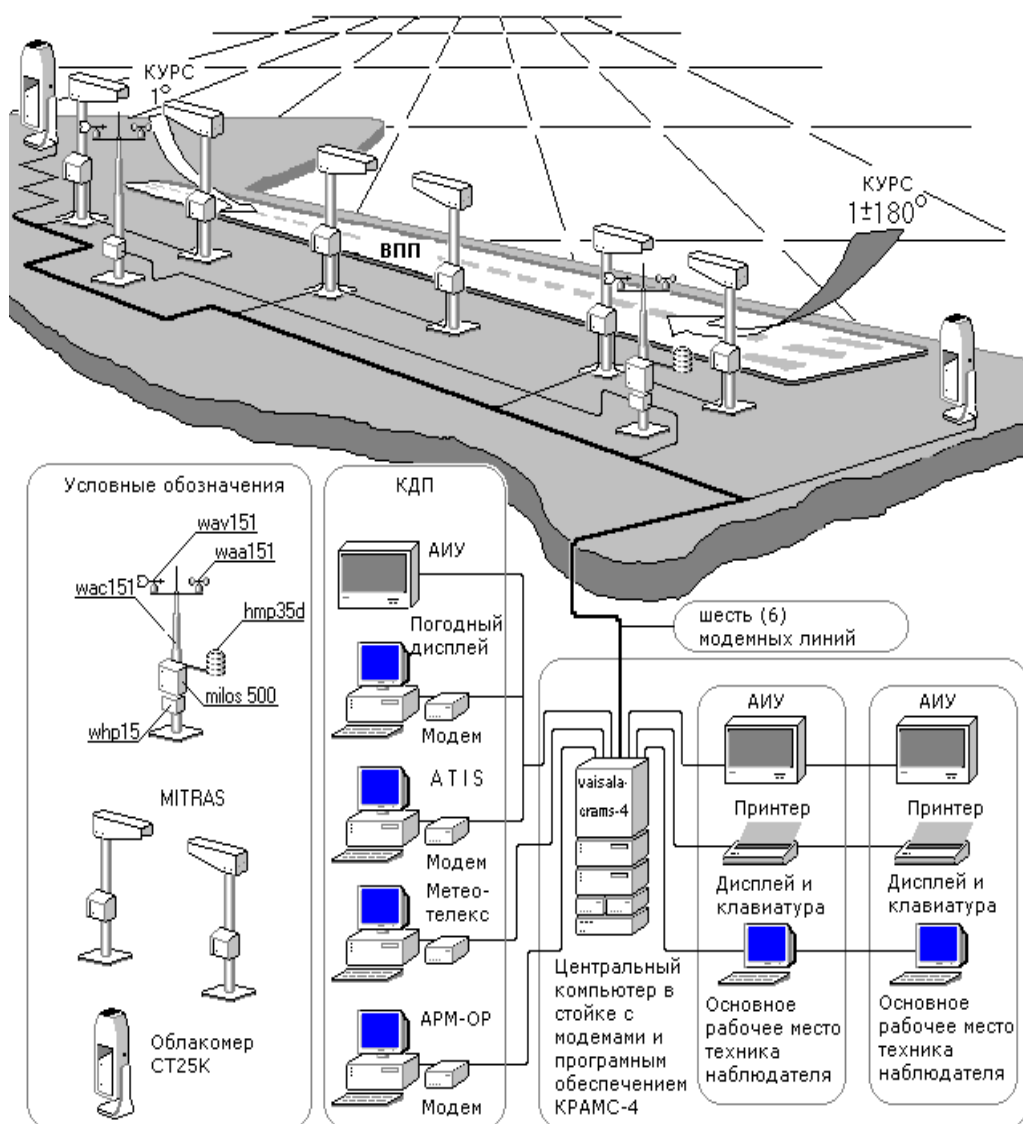


Рис. 1.2.
Схема КРАМС

Обозначения:
ВПП – взлетно-посадочная полоса;
КДП – командно-диспетчерский пункт;
АТIS – automated terminal information system – автоматизированная информационная система аэродрома
АРМ-ОР – автоматизированное рабочее место оператора радиолокационной обстановки

Структура и основные функциональные возможности центральной АИС благодаря модульному строению, возможности использования различных линий связи, удобному интерфейсу обеспечивают прием оперативных и

экстренных сообщений, а также режимных сообщений в специальном коде от:

- обычных метеорологических станций, оснащенных ИС «ПОГОДА»;
- АИС «ПОГОДА»;
- автоматических метеорологических постов, оснащенных АИС.

Центральная АИС «МЕТЕОЦЕНТР» выполняет следующие функции:

- прием, обработка и архивация информации метеостанций и постов;
- отображение метеорологической информации в виде карт и таблиц;
- выдача предупреждений об опасных явлениях;
- формирование стандартных отчетов (выводов) по результатам наблюдений за различные периоды осреднения;
- выдача справочного материала в виде таблиц, карт и бланков на бумажном носителе (печать справок) за различные периоды по архивным данным, в том числе по сервисным программам обслуживания потребителей.

КРАМС производит автоматическое измерение следующих параметров:

- атмосферного давления;
- температуры воздуха;
- относительной влажности воздуха;
- скорости и направления ветра;
- высоты нижней границы облаков;
- метеорологической оптической дальности видимости;
- интенсивности и количества осадков;
- явлений погоды и грозových разрядов.

Пределы и точность измерения параметров определяются характеристиками датчиков, входящих в комплект поставки станции. При необходимости обеспечивается ручной ввод значений метеоэлементов, не измеряемых автоматически, а также при отказе датчиков и корректировке значений метеоэлементов. Станция обеспечивает выдачу информации о следующих метеопараметрах:

- видимости на ВПП;
- средней скорости ветра за интервалы 2 и 10 мин;
- максимальной скорости ветра за прошедшие 10 мин;
- составляющей максимальной скорости ветра, перпендикулярной ВПП, за прошедшие 10 мин;
- направлении ветра, осредненном за интервалы 2 и 10 мин;
- величине и характеристике барической тенденции;
- температуре точки росы;
- величине атмосферного давления, приведенного к уровню рабочего старта ВПП (давление на ВПП) и уровню моря;
- упругости водяного пара;
- количестве и основных формах облаков;
- атмосферных явлениях.

Все возможности АСМО реализованы на основе поддержки программного обеспечения (ПО).

1.3. ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. В результате выполнения компьютерных процессов сбора, обработки и отображения метеорологической информации ПО предоставляет следующую информацию.

Для задач УВД:

- пересчитанные к системе координат АС УВД объединенные контуры зон опасных явлений по данным сети МРЛ с прогнозом их перемещения на 10-60 мин в зависимости от метеоусловий;
- текущая метеоинформация по основным аэродромам каждую минуту;
- информация телеграфных сообщений для авиадиспетчеров по аэродромам района УВД (РУВД) каждые 30 минут;
- пересчитанные к единой системе координат АС УВД контуры зон неблагоприятных метеорологических явлений, оказывающих влияние на полеты, рассчитанные на основе прогностических данных сети центров Всемирной метеорологической организации (ВМО) и Росгидромета каждые 6 часов;
- штормовое оповещение по аэродромам, по району УВД, по трассам;
- голосовое вещание на русском и английском языках о текущей погоде на полосе ежеминутно для АТIS (АТИС);
- голосовое вещание на русском и английском о текущей погоде по аэродромам района полетов по данным сети VOLMET (Volume Meteorological);
- прогнозы перемещения запускаемых радиозондов по всему району;
- сообщения о прогнозах погоды и коррективы к ним по району;
- текущая информация по ВПП любого аэродрома РУВД;
- прогностическая метеоинформация на эшелонах по заданной трассе.

Для задач планирования АС УВД:

- прогноз полей ветра и температуры на высотах каждые 6-12 часов;
- сводки фактической и прогнозируемой погоды по основным и запасным аэродромам, аэродромная погода по ВПП основных аэродромов;
- коррективы к прогнозам погоды по аэродромам;
- штормовые оповещения по аэродромам;
- штормовые предупреждения по РУВД и трассам;
- расчеты времени полета для выбора оптимальной трассы.

Для предполетного инструктажа летного состава:

Для предполетных консультаций (брифинга) экипажей с помощью автоматизированного рабочего места (АРМ) синоптика-консультанта:

- построение прогностических вертикальных разрезов по конкретному авиарейсу с учетом времени вылета и прилета;
- расчеты времени полета для выбора оптимальной трассы;
- прогностические карты особых явлений погоды (Significant Weather – SIGWX) для верхнего и среднего ВП и любой заблаговременности;
- текущие снимки с искусственных спутников земли (ИСЗ) и карты МРЛ;

- прогностические карты ветра и температуры на различных эшелонах по данным международных и отечественных метеослужб;
- информацию телеграфных сообщений по аэродромам назначения, запасным и т.д. (выдача полетной документации в соответствии с рекомендациями ИКАО и требованиями Наставления по метеообеспечению [2] – НМО-ГА).

Для специалистов метеогруппы АС УВД готовятся следующие данные.

Фактические карты:

- объединенная карта с данными МРЛ по РУВД – непрерывно;
- микрокольцевые карты по различным данным от 30 мин до 1 час;
- кольцевые карты – через 3 часа;
- приземные анализы – через 6 часов;
- карты барической типографии через 12 часов;
- карты тропопаузы, максимального ветра, анализа струйных течений – через 12 часов;
- спутниковые снимки, совместимые с другой прогностической и фактической информацией – по мере поступления снимков.

Прогностические карты:

- карты особых явлений Росгидромета, а также Лондона, Вашингтона и регионального центра зональных прогнозов;
- прогнозы полей давления на 6, 12, 18, 24, 30 часов через – 6 часов;
- прогноз полей ветра – через 6 часов;
- прогноз болтанки на 6, 12, 18, 24, 30 часов – через 6 часов;
- прогноз обледенения на различных высотах для различных типов самолетов – через 6 часов;
- прогностические карты анализа струйных течений – через 6 часов;
- траекторные прогностические расчеты перемещения радиозондов в районе – через 12 часов;

Вертикальные профили:

- фактические и прогностические диаграммы влажности воздуха для каждого аэропорта на период до 30 часов с шагом в 1 час;
- вертикальные разрезы фактические и прогностические по авиатрассам и авиарейсам через 6 часов.

Решение задач программной поддержки метеорологического обеспечения в процессе организации ИВП осуществляет ПО автоматизированных центров УВД. Принципы построения комплекса программ (КП) обработки метеорологических данных рассмотрены в данной книге серии «Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением». Книга состоит из трех разделов. В первом изложены материалы, посвященные теоретическим основам авиационной метеорологии, во втором – сбору и программной обработке измеренной информации, а также доведение ее потребителям в удобном для восприятия виде, в третьем – программной поддержке взаимодействия диспетчеров с системой. Используются источники, размещенные в Интернете и материалы, подготовленные специалистами организаций гражданской авиации.

2. ЭЛЕМЕНТЫ АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

2.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1.1. СТРОЕНИЕ АТМОСФЕРЫ. Атмосфера представляет собой механическую смесь азота, кислорода, водяного пара и т.д. Ее физическое состояние характеризуется рядом метеорологических элементов. Это давление, температура, влажность, облака, осадки, ветер [3,4]. Атмосферу делят на три основных слоя: тропосферу, стратосферу и ионосферу (рис. 2.1).

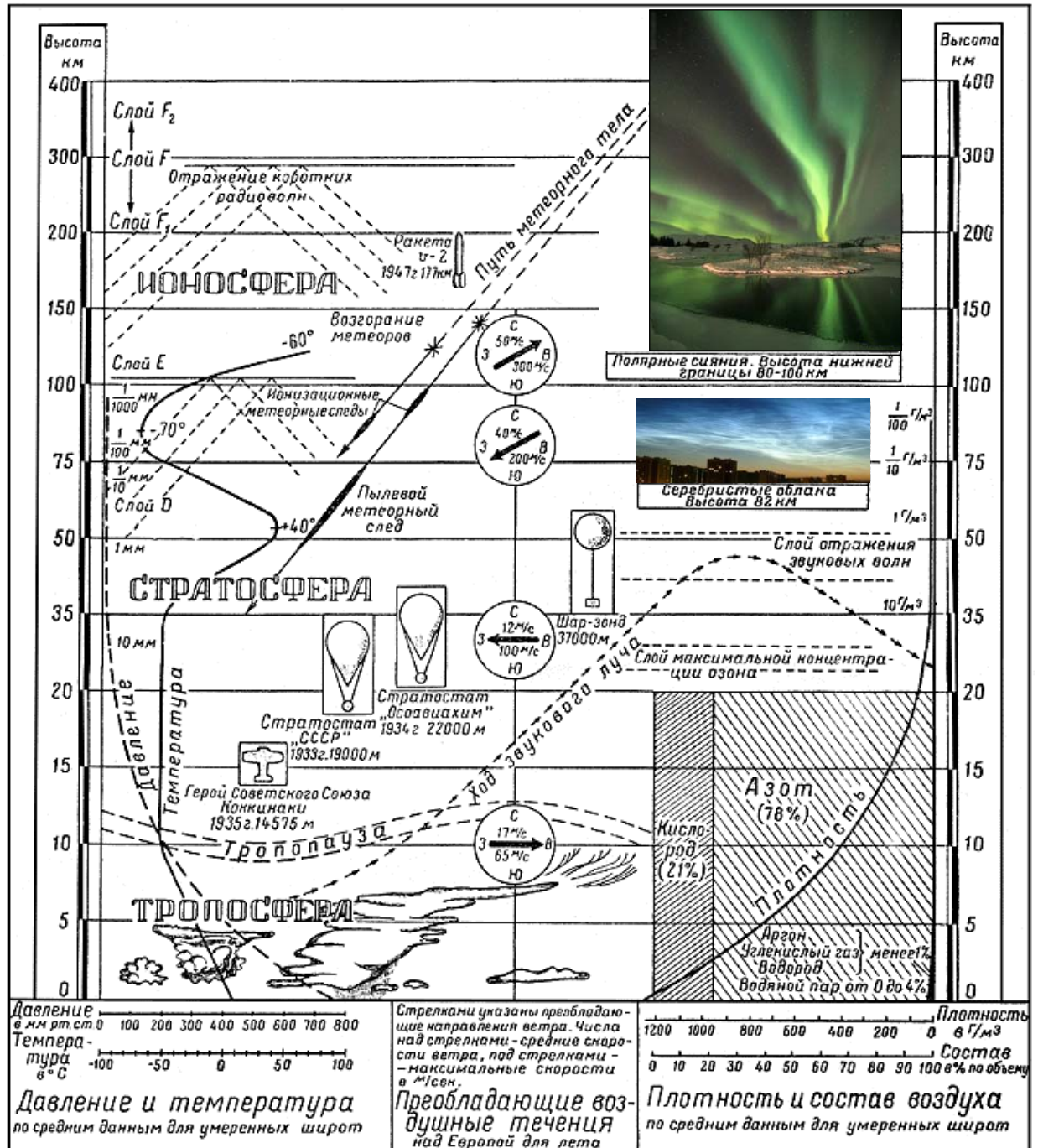


Рис. 2.1. Строение атмосферы

Тропосфера – нижний слой атмосферы, высота ее в средних широтах

10-12 км (над экватором – 16-18 км, над полюсами – 7-8 км). Воздух тропосферы находится в непрерывном движении и перемешивании. В тропосфере возникают и затухают циклоны, образуются облака, выпадают осадки, с высотой понижается температура, уменьшается давление и т.д.

Стратосфера – слой, простирающийся над тропосферой до высоты 80 км. В нижний слой стратосферы тепла поступает столько же, сколько и излучается, и ее температура до высоты 35 км остается неизменной в пределах $55-65^{\circ}$ ниже нуля. Воздух в стратосфере перемешивается менее бурно, чем в тропосфере. Между тропосферой и стратосферой имеется переходный слой (толщиной до нескольких сот метров), называемый тропопаузой.

Ионосфера – часть верхней атмосферы Земли, сильно ионизирующийся под действием солнечного коротковолнового излучения, слой с высокой электропроводимостью, начинается с высоты 80 км. Состоит из смеси газа нейтральных атомов и молекул (в основном кислорода и азота) и квазинейтральной плазмы (число отрицательно заряженных частиц примерно равно числу положительно заряженных). Ионизация становится существенной уже на высоте 60 километров и неуклонно увеличивается с удалением от Земли.

Основное занятие авиационных метеорологов – наблюдения за погодой. Для полноценного прогноза погоды нужно иметь не только прикладное ПО АС УВД, но и результаты наблюдений в десятках и сотнях точек планеты. Наблюдения ведут на метеорологических станциях.

Метеостанция – это учреждение, в котором круглосуточно проводятся регулярные наблюдения за состоянием атмосферы и атмосферными процессами, отслеживаются изменения отдельных метеорологических элементов. На станции имеются метеорологическая площадка, где расположены основные метеорологические приборы, и закрытое помещение для обработки наблюдений. Метеорологические станции планеты, страны, области, района составляют метеорологическую сеть соответствующего уровня (рис. 2.2)

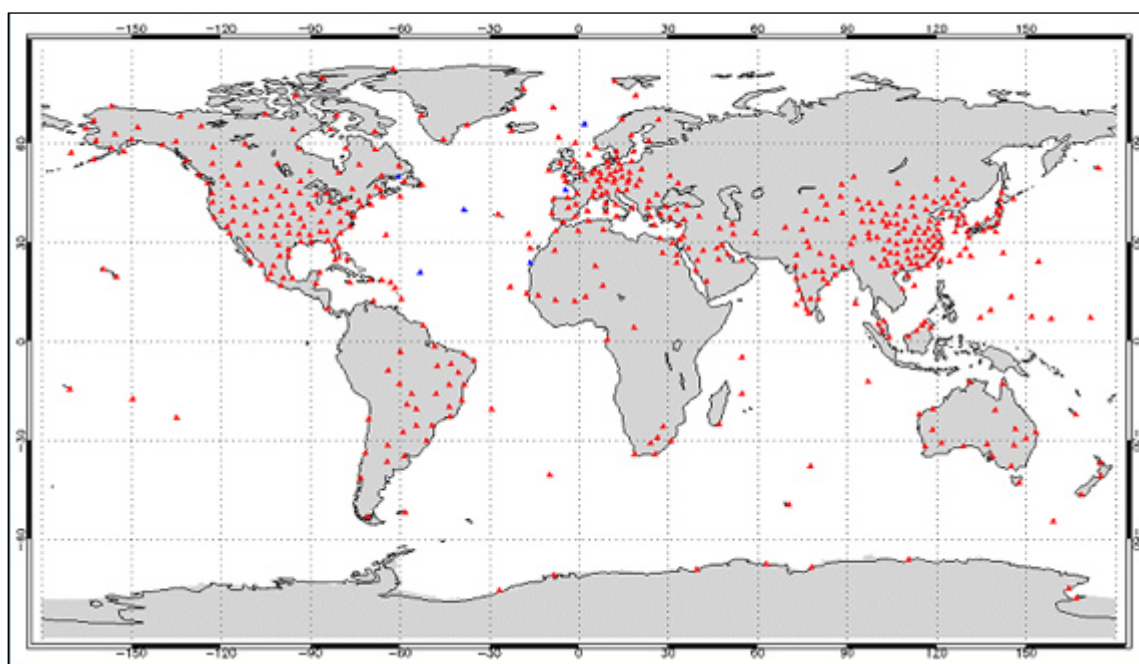


Рис. 2.2. Сеть метеорологических станций планеты

2.1.2. СТАНДАРТНАЯ АТМОСФЕРА – условно принятое среднее состояние атмосферы на всех высотах от земли до 15 км, характеризуется постоянным составом воздуха, давлением на уровне моря 760 мм рт. ст. (1013,2 мб), относительной влажностью 0%, температурой у поверхности земли 15°C, падением температуры с высотой в тропосфере на 0,65°C на каждые 100 м. Основные качества самолета в его формуляре указываются для стандартной атмосферы. Отклонения действительных условий от стандартных учитываются поправками показаний приборов: указателя скорости, высотомера и т.д.

Пример. Каждый прибор на метеостанции снабжен сертификатом, в котором указано, какие поправки нужно вносить в его показания. Например, в сертификате термометра указано:

«от -5,7 до +2,1 +0,2» или «от +2,2 до +9,4 +0,1».

Это значит, что если термометр показывает -0,2°C, то истинная температура составит (-0,2°C) + (+0,2°C) = 0,0°C; если показывает +5,7°C, то температура +5,8°C. Для другого термометра, даже если он выпущен в составе той же серии, поправки почти всегда будут другие. Такие поправки называются *инструментальными*. Они есть у любых приборов.

Все параметры атмосферы значительно изменяются в пространстве и времени. В процессе многолетних наблюдений на земном шаре зафиксированы температуры воздуха у земли от 50° тепла до 85° мороза, а атмосферное давление – от 890 до 1080 гПа. Такие перепады метеорологических величин делают невозможным прямое сравнение результатов различных испытаний авиационной техники. Для того чтобы их можно было сравнивать и введено понятие *стандартная атмосфера*. Стандартная атмосфера представляет собой осредненные значения метеорологических величин у земли и на высотах, которые приняты во всем мире и которые не зависят ни от географического района, ни от времени года, ни от времени суток (рис. 2.3).

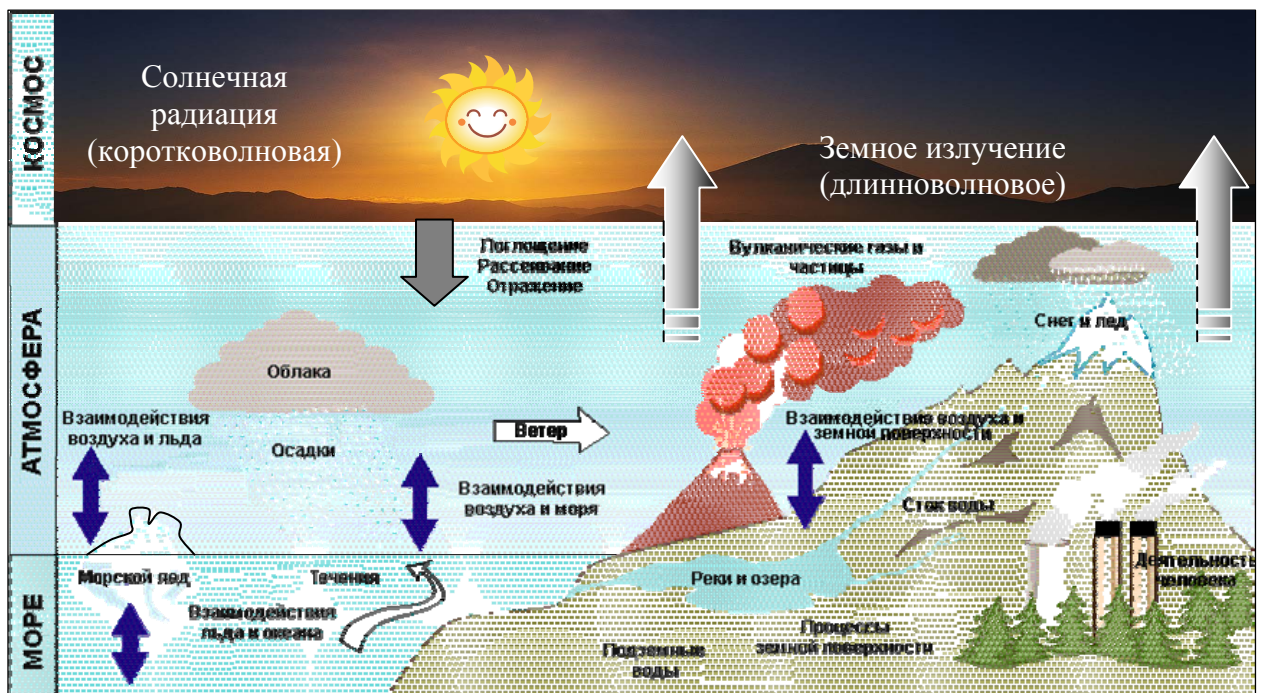


Рис. 2.3. Метеорологические факторы, влияющие на полеты воздушных судов

Наиболее важны следующие параметры стандартной атмосферы:

- атмосферное давление у земли ($p_0 = 760$ мм рт. ст. = 1013,2 гПа);
- температура воздуха у земли ($T_0 = 15^\circ\text{C} = 288^\circ\text{K}$);
- ускорение свободного падения ($g = 9,80665$ м/сек²);
- плотность воздуха у земли ($\rho = 1,2255$ г/см³);
- относительная влажность воздуха на всех высотах ($R = 0$);
- ветер на всех высотах – *штиль*;
- вертикальный градиент температуры в слое 0-11 км ($\gamma_{0-11} = 0,65^\circ\text{K}$ на каждые 100 м высоты), в слое 11-20 км ($\gamma_{11-20} = 0^\circ$ на каждые 100 м);
- температура стратосферы ($T_{11-20} = -56,5^\circ\text{C} = 236,5^\circ\text{K} = \text{const}$);
- скорость звука ($a = 20,05 T^{0,5}$ м/с, где T – температура воздуха $^\circ\text{K}$).

Изменение атмосферного давления с высотой в стандартной атмосфере от земли до высоты 11 км происходит по закону политропной атмосферы (температура воздуха с высотой убывает по линейному закону $T_n = T_0 - \gamma H$), а выше, до высоты 20 км – по изотермическому закону ($T = \text{const}$). В табл. 2.1 приведены значения трех основных параметров стандартной атмосферы от уровня земли до высоты 20 км.

Таблица 2.1

ПАРАМЕТРЫ СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЫ (сокращенные данные)

Высота, м	Температура воздуха		Атмосферное давление		Скорость звука, м/с
	К	°С	гПа	мм рт. ст.	
1	2	3	4	5	6
0	288,15	15,0	1013,2	760,0	340,3
500	284,90	11,8	954,6	716,0	338,4
1000	281,65	8,5	898,8	674,1	336,4
2000	275,15	2,0	795,0	596,3	332,5
3000	268,65	-4,5	701,1	525,9	328,6
4000	262,15	-11,0	616,4	462,3	324,6
5000	255,65	-17,5	540,2	405,2	320,5
6000	249,15	-24,0	471,8	353,9	316,4
7000	242,65	-30,5	410,6	308,0	312,3
8000	236,15	-37,0	356,0	267,0	308,1
9000	229,65	-43,5	307,4	230,6	303,8
10 000	223,15	-50,0	264,4	198,3	299,5
12 000	216,5	-56,5	193,3	145,0	295,1
14 000	216,5	-56,5	141,0	105,8	295,1
16 000	216,5	-56,5	102,9	77,2	295,1
18 000	216,5	-56,5	75,0	56,3	295,1
20 000	216,5	-56,5	54,8	41,1	295,1

Атмосферное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба или в миллибарах (1 мм рт. ст. = 1,3332 мб). Нормальным считается атмосферное давление, равное 760 мм рт. ст., что соответствует 1013,25 мб. Нормальное давление близко к среднему давлению на уровне моря. Давление непрерывно изменяется как у поверхности Земли, так и на высоте. Данные об атмосферном давлении, нанесенные на синоптические карты, приведены к уровню моря. Давление учитывается при определении безопасной высоты полета, а также при посадке и выборе эшелонов.

2.1.3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

2.1.3.1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА характеризует тепловое состояние атмосферы. Это самый ощущаемый людьми метеорологический показатель, погода для нас прежде всего «тепло» или «холодно». Температурой воздуха считаются показания термометра, находящегося на высоте 2 м над землей и защищенного от прямых солнечных лучей. Термометры размещают на метеоплощадке (рис. 2.4). Метеоплощадка – это выровненное место поблизости от помещения метеостанции с сохраненным естественным покровом (травой или мхом, т.е. тем, что составляет естественную *подстилающую* поверхность для данной местности). Температура измеряется в градусах. Изменение температуры зависит от количества тепла, поступающего от Солнца на данной географической широте, характера подстилающей поверхности и атмосферной циркуляции. От температуры зависят характеристики набора высоты и снижения ВС.



Рис. 2.4. Метеоплощадка в горной местности

2.1.3.2. Видимость. Под дальностью горизонтальной видимости у Земли, определяемой метеорологами, понимается то расстояние, на котором еще можно обнаружить предмет (ориентир) по форме, цвету, яркости. Дальность видимости измеряется в метрах или километрах. Видимость реальных объектов, определяемая с самолета, называется полетной видимостью. Она подразделяется на горизонтальную, вертикальную и наклонную.

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

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

Под наклонной полетной видимостью реальных объектов понимается предельное расстояние с высоты H , на котором виден данный объект на окружающем фоне под различными углами. Частным случаем наклонной полетной видимости является видимость при заходе на посадку, когда объектом обнаружения является начало ВПП. При наличии у Земли густой дымки, тумана, метели (поземки) за значение видимости при заходе на посадку принимается горизонтальная видимость у Земли в районе ВПП.

Полетная наклонная видимость объектов (в том числе и посадочная) зависит от многих факторов, в частности, от метеорологических. Наибольшее значение имеет прозрачность атмосферы по наклону (наклонная метеорологическая видимость). Она зависит от высоты и структуры нижней кромки облаков, от вертикальной мощности подоблачной дымки и вертикального гра-

дианта ее оптической плотности, от горизонтальной видимости у Земли.

При отсутствии низкой облачности, приземных дымок и других явлений прозрачность нижнего слоя атмосферы достаточно высокая и, в первом приближении, не изменяется с высотой. Значение наклонной видимости примерно равно горизонтальной видимости у Земли. При низкой облачности (слоистых форм) под ней, как правило, наблюдается подоблачная дымка. Толщина слоя подоблачной дымки довольно изменчива и может колебаться от нескольких десятков метров до 100-150 м. Наличие дымки приводит к тому, что наклонная метеорологическая видимость в подоблачном слое значительно ухудшается, и она, как правило, бывает меньше горизонтальной видимости у Земли. В связи с этим при определении наклонной полетной видимости реальных объектов при наличии низких облаков слоистых форм решающую роль играет оценка наклонной метеорологической видимости.

2.1.3.3. Влажность воздуха – содержание водяного пара в воздухе, выраженное в абсолютных или относительных единицах (рис. 2.5). Абсолютную влажность воздуха человек не ощущает, относительную же замечает только тогда, когда она сильно отличается от оптимальной (60-70%) – либо воздух слишком сухой (40% и меньше), либо слишком сырой (90-100%).

Два термометра, сухой и смоченный, составляют прибор, называемый психрометром (рис. 2.6) – измерителем влажности. Испарение воды затрачивает тепло, и смоченный термометр обычно показывает более низкую температуру. В сухом воздухе испарение происходит быстро, на него расходуется

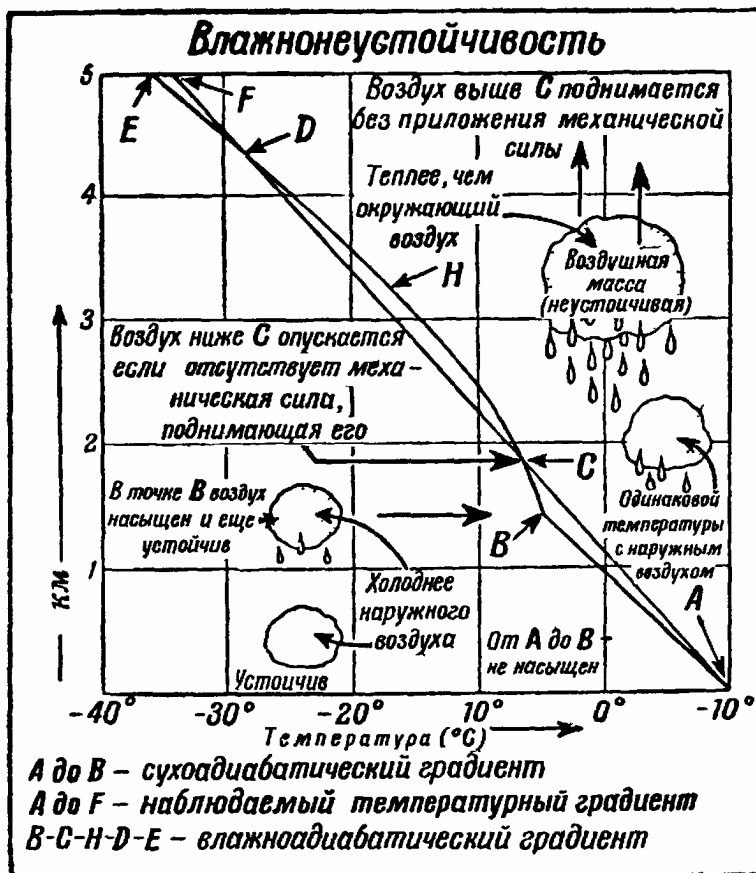


Рис. 2.5. Зависимость влажности от температуры и высоты

много тепла и разница в показаниях термометров большая. Во влажном воздухе вода испаряется медленно, уменьшается разница показаний. При влажности 100% испарения нет, показания термометров одинаковы. По специальным таблицам ПО (или наблюдатель) определяет абсолютную влажность, относительную влажность и дефицит влажности, т.е. количество пара, которое еще может вместить воздух. Точка росы – температура, при которой воздух достиг бы состояния насыщения при данном влагосодержании и неизменном давлении. Разность между температурой воздуха и точкой росы называется дефицитом точки росы. Точ-

ка росы равна температуре воздуха, если его относительная влажность равна 100%. В этих условиях происходит конденсация водяного пара и образование облаков и туманов. При относительной влажности 100% дефицит равен нулю.

Влажность фиксируется также еще одним прибором – волосным гигрометром. Его действие основано на том, что в зависимости от влажности обезжиренный человеческий волос – обязательно женский (он тоньше) и светлый (пигмент ухудшает его восприимчивость к влаге) – несколько изменяет свою длину. Показания гигрометра менее точны, их проверяют по психрометру, но зато он позволяет определить влажность сразу, без расчетов: его шкала отградуирована в процентах относительной влажности. Еще два термометра, максимальный и минимальный, фиксируют наибольшую и наименьшую температуру за весь период наблюдения. Метеорологические термометры позволяют брать отсчеты с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Самописцы – термограф и гигрограф, непрерывно фиксируют изменение температуры и относительной влажности; барабаны у них с часовым механизмом, а стрелки соединены с датчиками температуры и влажности. Датчик влажности – человеческий волос, датчик температуры – биметаллическая пластина.

2.1.4. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ.

2.1.4.1. ОБЛАКА – продукт конденсации паров, один из самых сложных для наблюдения метеорологических элементов, приборов для измерения пока не создано. Количество облаков определяется покрытием неба и оценивается в баллах. Полное покрытие означает 10 баллов, покрытие наполовину – 5 баллов. Нужно «на глаз» определить степень покрытия небосвода облаками, род и вид облаков и, хотя бы приблизительно, их высоту в метрах. Внешне облака разделяют на *кучевообразные* (отдельные облачные массы), *волнистые* (неоднородные слои) и *слоистообразные* (однородная пелена).

К кучевообразным облакам нижнего яруса относятся кучевые, мощные кучевые и кучево-дождевые облака. *Кучевые облака* – облака белого цвета с плоским основанием и куполообразной вершиной, осадков не дают. Высота нижней границы колеблется в пределах 1000-1500 м, вертикальная мощность достигает 1000-2000 м. Образование кучевых облаков говорит о неустойчивом состоянии воздушной массы, о наличии в ней вертикальных потоков. Полет в облаках, под облаками и между ними спокоен и сопровождается слабой болтанкой. Видимость колеблется в пределах 35-45 м. *Мощные кучевые* облака сильно развиваются по вертикали. Основание облаков плоское и опускается до высоты 600-1000 м. Верхняя граница достигает обычно высоты 4-5 км. Внутри наблюдаются сильные восходящие потоки (до 10-15 м/с), поэтому входить в мощные кучевые облака запрещается. *Кучево-дождевые* облака наиболее опасны с точки зрения условий полета (рис. 2.7). Образование их сопровождается грозвыми разрядами и ливневыми осадками. Верти-



Рис. 2.6. Психрометр



Рис. 2.7. Строение кучево-дождевых облаков

кальная мощность достигает 7-9 км, а нижнее основание часто лежит на высоте 300-600 м и имеет относительно небольшую площадь. Особенно быстро развитие происходит летом в резко пересеченной местности (над горами). В бурном процессе вертикального формирования мощного кучевого облака в кучево-дождевое возникают интенсивные восходящие и нисходящие потоки воздуха. В верхней части облака господствуют интенсивные восходящие движения, а нисходящие – слабые. У основания и средней части облака наряду с сильными восходящими движениями наблюдаются значительные нисходящие движения холодного воздуха, опускающегося из облака вместе с осадками. В этой стадии развития кучево-дождевого облака можно встретить и нисходящие потоки, достигающие скорости 20-30 м/с. Наиболее сильная турбулентность наблюдается в средней части облака на высоте 3000-6000 м.

Кучево-дождевые облака, образующиеся на холодных фронтах, обычно располагаются цепью, простираясь вдоль фронта на сотни километров в длину и десятки километров в глубину. В холодное время года их вертикальная мощность составляет 3-5 км, а в теплое время их вершины обычно достигают нижней границы стратосферы (11-12 км). Средняя скорость перемещения составляет 40-80 км/ч, а иногда может увеличиться до 100 км/ч и более. Интенсивная грозовая деятельность, сильная болтанка, тяжелые виды обледенения (при соответствующих температурах), ливневые осадки, нередко сопровождающиеся градом, и резкое ухудшение видимости почти полностью исключают возможность выполнения полета в кучево-дождевых облаках. Полеты в кучево-дождевых (грозовых) облаках и под ними *запрещены*.

При полетах в зонах с грозовой деятельностью усиливаются радиопомехи. Грозовые разряды отмечаются в виде коротких ударов и треска в наушниках, а также по рысканию стрелки радиокompаса. В полете грозовые очаги хорошо обнаруживаются самолетными радиолокаторами. На индикаторе кругового обзора местные внутримассовые грозы видны в виде отдельных, разбросанных по экрану пятен, а фронтальные грозы – в виде цепочки

пятен с выпуклостью, обращенной в сторону движения фронта. Визуально приближение грозы можно определить по вспыхивающим зарницам, особенно ночью. При наличии на маршруте отдельных грозовых очагов рекомендуется обходить их на удалении не менее 10 км, а при полете над кучево-дождевыми облаками иметь запас высоты не менее 1000 м над их вершиной.

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

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

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

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

В холодные и переходные сезоны года наиболее часто встречаются волнистообразные (волнистые) облака. Образование волнистых облаков связано с наличием слоев инверсий в атмосфере, поверхность которых имеет волнистый характер. Инверсия – это слой воздуха, в котором наблюдается повышение температуры с высотой вместо падения. Волнистые облака могут возникать под слоем инверсии и над ним. В нижнем ярусе под слоем инверсии образуются слоистые и слоисто-кучевые просвечивающие облака. Подынверсионные облака, как правило, внутримассовые и обычно образуются в антициклонах. Нередко они возникают также в теплых секторах циклона.

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

ляются венцы и gloria (оптические явления в виде светлых или радужных колец вокруг Солнца или Луны). Видимость в облаках достигает 70-90 м.

Слоистые облака возникают в подынверсионном слое, когда воздух в нем близок к насыщению и уровень конденсации лежит очень низко. Образовавшийся под инверсией слой облаков снизу имеет вид серого достаточно равномерного облачного покрова. Слоистое облако не имеет резкой нижней границы, что затрудняет определение момента входа в облачность. Верхняя часть слоистых облаков наиболее плотная. При полете над слоистыми облаками верхний край их представляется волнистым, но достаточно спокойным. Высота слоистых облаков обычно колеблется в пределах 100-300 м, толщина от 200 до 600 м. Наименьшая толщина и высота слоистых облаков наблюдается в том случае, когда они возникают в результате поднятия туманов. Эти облака создают большие трудности, а иногда и опасную обстановку на последнем, наиболее ответственном этапе полета – заходе на посадку, так как нижнее основание этих облаков близко располагается к земной поверхности и иногда их высота оказывается ниже установленного минимума погоды.

Слоисто-кучевые плотные облака образуются над слоем инверсии на слабо выраженных фронтах и фронтах окклюзии (стадии развития, при которой происходит смыкание холодного и теплого фронтов в области циклона, возрастает его вертикальная мощность, уменьшается скорость, и циклон постепенно затухает). Они имеют вид сплошного сомкнутого покрова достаточно плотных валов или глыб. Высота нижней границы облаков составляет 300-600 м, а вертикальная мощность 600-1000 м. При полете в этих облаках следует учитывать, что их вертикальное распределение характеризуется разделением на несколько слоев друг над другом. Расстояние между слоями колеблется в пределах 100-1100 м, а чаще всего составляет около 300 м. Прослойки клинообразные и очень неустойчивые во времени. Горизонтальная видимость в слоисто-кучевых плотных облаках составляет 35-45 м. Они могут давать слабые и умеренные обложные осадки, особенно в холодное время года. При горизонтальном полете в них наблюдается слабое обледенение.

В полете о высоте нижнего края слоистой и слоисто-кучевой облачности судят по ее верхней поверхности. Когда эти облака выглядят сверху ровными и спокойными, их нижняя граница может располагаться на небольшой высоте от Земли. Бугристая поверхность облака с «пенящимися» белыми барашками или вершинами кучевообразных облаков говорит о значительной турбулентности подоблачного слоя; в этом случае высота нижней границы облаков обычно более 300 м. Появление на верхней поверхности облачности glories говорит о том, что этот слой облаков имеет небольшую толщину.

Кучевообразные облака (кучевые, мощнокучевые, кучеводождевые) возникают в результате вертикальных воздушных движений в атмосфере. Волнистые облака (слоистокучевые, высококучевые, перистокучевые) образуются в основном благодаря наличию в атмосфере инверсий и изотермий (слоев воздуха, в которых температура с высотой остается без изменения); они распространяются на большие площади, мощность их по вертикали может быть от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Слоистообразные облака (слоистые, слоисто-дождевые, высокостроистые, перистостроистые, перистые) возникают при восходящем движении более теплого воздуха по клину более холодного; они покрывают сплошным слоем площади на сотни тысяч квадратных километров. Система слоисто-дождевых и высокостроистых облаков по вертикали обычно очень мощная.

Вертикальная мощность подынверсионных слоистых облаков достигает нескольких сотен метров (изредка 1000-1400 м).

По высоте расположения (для средних широт) облака делят на:

- облака верхнего яруса (перистые, перисто-слоистые, перистокучевые) с высотой нижней границы около или выше 6000 м;
- облака среднего яруса (высокостроистые и высококучевые), расположенные на высотах от 2000 до 6000 м;
- облака нижнего яруса (кучевые, слоистые, слоистокучевые и слоисто-дождевые) с высотой основания ниже 2000 м; иногда опускаются до земли;
- облака вертикального развития (мощнокучевые, кучеводождевые) с нижней границей до 500 м и верхней – до 7000 м и более.

2.1.4.2. Осадки – продукт выделения облаков. Количество выпавших осадков измеряется высотой их слоя в миллиметрах. Осадки бывают:

- ливневые, кратковременные, выпадают из кучеводождевых облаков;
- обложные, отличаются продолжительностью, выпадают из слоисто-дождевых и высокостроистых облаков;
- морозящие, выпадают из тумана или очень низких слоистых облаков.

Полет в зоне осадков затруднен вследствие резкого ухудшения видимости, снижения высоты облаков, болтанки, обледенения в переохлажденном дожде и мороси, возможного повреждения поверхности самолета (вертолета) при выпадении града. Прибор для сбора осадков изображен на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Прибор для сбора осадков (слева вид сбоку, справа вид сверху)

Внутри ведро, а вокруг лепестки – чтобы отсекал лишнюю влагу, которую может нахлестнуть ветер. Накопленные в ведре осадки переливаются в колбу, снег растапливается – и нам сообщают их уровень.

2.1.4.3. ВЕТЕР – движение воздуха по отношению к земной поверхности. Он характеризуется скоростью в м/с или км/ч и направлением в градусах (рис. 2.9). Направление ветра, принятое в метеорологии (откуда дует), отли-

чается от аэронавигационного (куда дует) на 180° . Непосредственной причиной возникновения ветра является неравномерное распределение давления по горизонтали. Последнее вызывается различным притоком тепла в атмосферу. Как только создается разность атмосферного давления в горизонтальном направлении, сейчас же возникает сила барического градиента, под действием которой частицы воздуха начинают перемещаться с ускорением из области более высокого в область более низкого давления. Эта сила всегда направлена перпендикулярно по нормали к изобаре в сторону низкого давления.

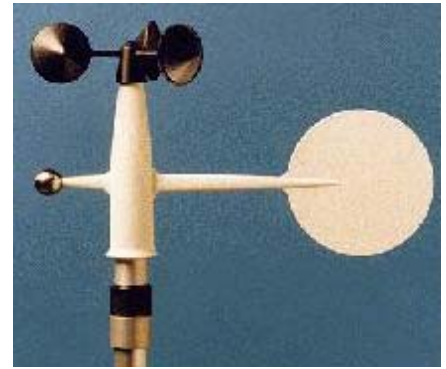


Рис. 2.9. Датчик скорости и направления ветра

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

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

Скорость и направление ветра изменяются с высотой. Так, в восточной половине циклона (или в западной половине антициклона) скорость ветра с высотой возрастает, направление ветра изменяется по часовой стрелке, т. е. вправо; в западной половине циклона (или восточной половине антициклона) скорость ветра также возрастает с высотой, но изменение направления ветра происходит против часовой стрелки, т. е. влево; в южной половине циклона (или в северной половине антициклона) скорость ветра с высотой возрастает, направление не меняется; в северной половине циклона (или в южной половине антициклона) скорость ветра с высотой уменьшается и, переходя через нулевое значение, меняет направление на обратное. Во всех описанных случаях непеременимым условием должно быть убывание температуры с юга на север. Среднее направление ветра в верхних слоях тропосферы и в нижних слоях стратосферы над Европой: летом близко к северо-западной четверти, зимой – к западной четверти.

Скорость ветра в тропосфере с высотой возрастает и достигает максимального значения в зоне перехода от тропосферы к стратосфере (в среднем $17\text{-}20 \text{ м/сек}$). В самых нижних слоях стратосферы происходит убывание скорости ветра с высотой, а затем опять возрастание. У земли (до высот 1000 м) вследствие влияния трения о земную поверхность ветер отклоняется вправо в среднем на угол 30° от направления изобары.

Начиная с высоты 1000 м , где это влияние прекращается, движение воздуха осуществляется параллельно изобарам. Горизонтальное равномерное

движение воздуха при отсутствии силы трения называется градиентным ветром. Направление и скорость ветра по высотам для обеспечения полетов определяются путем шаропилотных наблюдений, а также по картам барической топографии. По этим картам можно прогнозировать ветер на высотах.

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

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

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

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

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

Эквивалентный ветер. Для упрощения выполнения некоторых навигационных расчетов пользуются понятием эквивалентного ветра. Эквивалентным ветром $W_э$ называется условный ветер, направление которого всегда совпадает с линией заданного пути (ЛЗП), а его скорость в сумме с воздушной скоростью дает такую же путевую

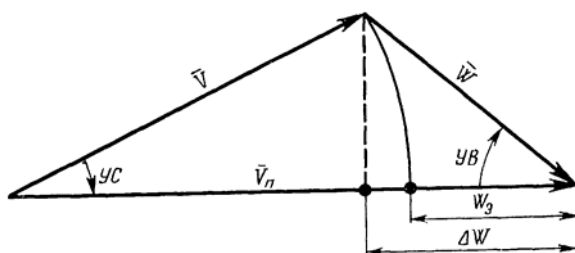


Рис. 2.10. Эквивалентный ветер

скорость, как и действительный ветер (рис. 2.10). Эквивалентный ветер можно определить по специальной таблице, которая помещается в Руководстве по летной эксплуатации и пилотированию каждого типа самолета (вертолета).

2.2. ЭЛЕМЕНТЫ АЭРОДИНАМИКИ. *Аэродинамика* – наука о законах движения воздуха и о механическом взаимодействии между воздушными потоками и телами, которые в нем находятся. Поток – это масса воздуха, движущаяся относительно какого-либо тела. Так как механическое взаимодействие между воздухом и телом остается одинаковым независимо от того, что перемещается – воздух, тело или то и другое одновременно, то в аэродинамике часто используется принцип обращения движения. Он предполагает, что тело (самолет) в воздухе остается неподвижным, а поток обтекает его со скоростью, равной скорости полета, но направленной противоположно.

2.2.1. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ. Основная задача, которая решается аэродинамикой в интересах авиации, заключается в определении сил и моментов, действующих на самолет при различных условиях полета. Эти силы возникают за счет воздействия самолета или отдельных его частей на воздушный поток, изменяя как характеристики самой среды (воздуха), так и характеристики движения. Физическое состояние воздуха определяют *давление, температура, плотность и его сжимаемость*. Остальные характеристики воздуха являются производными от перечисленных выше и рассчитываются математически. Обсудим следующие основные законы аэродинамики.

Уравнение состояния воздуха. Между давлением воздуха p , его удельным объемом V и температурой T существует зависимость $pV = RT$, где R – газовая постоянная.

Уравнение неразрывности. Это уравнение показывает, что в трубке переменного сечения (рис. 2.11) при установившемся движении секундный расход воздуха постоянен во всех сечениях трубки. Следовательно $(\rho SV)_1 = (\rho SV)_2$. Здесь ρ – плотность воздуха, S – площадь сечения трубки и V – скорость воздуха в сечении. Если распространить равенство на весь установившийся поток, то можно записать:

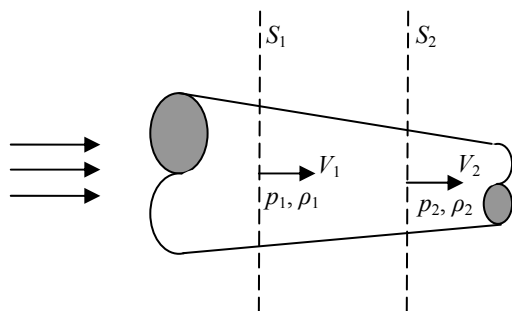


Рис. 2.11. Схема движения воздуха в трубке переменного сечения

Если распространить равенство на весь установившийся поток, то можно записать: $\rho SV = Const$. Это общий вид уравнения неразрывности: секундная масса воздуха, проходящего через любое сечение установившегося потока, есть величина постоянная. Таким образом, большему сечению соответствует меньшая скорость

Если не очень сильно открыть ~~водопроводный кран~~, то диаметр струйки воды на срезе крана будет равен внутреннему диаметру крана. По мере приближения к раковине струйка становится все тоньше и может даже «порваться». Оторвавшись от крана, вода приближается к раковине с увеличивающейся скоростью. Секундный расход воды через любое сечение не меняется, а за счет увеличения скорости сама струйка становится тоньше. Примерно такая же картина наблюдается и при обтекании крыла самолета.

Уравнение (закон) Бернулли. Для пояснения этого закона вернемся к рис. 2.11. По построению видно, что $S_1 > S_2$, а следовательно, $V_1 < V_2$. В уста-

новившемся потоке увеличение скорости возможно только в том случае, если статическое давление на уровне первого сечения p_1 будет больше статического давления на уровне второго сечения p_2 , т.е. $p_1 > p_2$. По законам аэродинамики полное давление на уровне любого произвольного сечения складывается из двух частей: *статического давления* p – атмосферного давления на высоте полета и так называемого *скоростного напора*, который называется еще *динамическим давлением* и который равен $\rho V^2/2$. В самом общем виде закон Бернулли можно записать следующим образом: $p + \rho V^2/2 = \text{Const}$.

Это означает, что большей скорости потока соответствует меньшее статическое давление, и наоборот. Уравнение Бернулли позволяет объяснить физические процессы, приводящие к образованию аэродинамических сил на крыле самолета и несущем винте вертолета. Поперечное сечение крыла плоскостью, параллельной плоскости его симметрии называется «профилем». Типовой профиль крыла представлен на рис. 2.12.

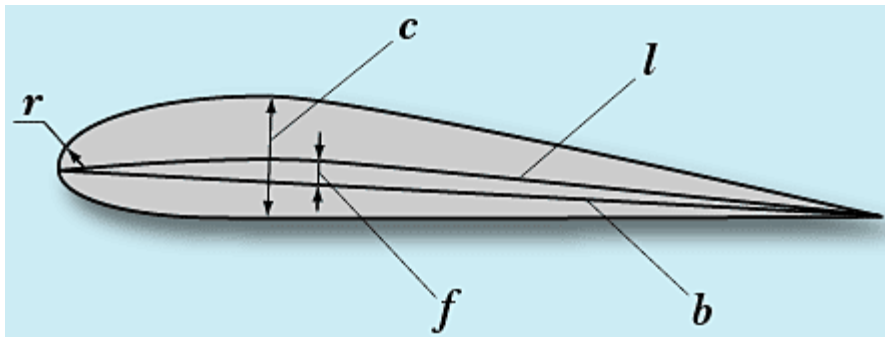


Рис. 2.12. Типовой профиль крыла

Максимальное расстояние между крайними точками профиля b называется хордой профиля. Наибольшая высота профиля c называется толщиной профиля, а ее расстояние от передней точки – координатой максимальной толщины. Линию l , точки которой равноудалены от верхней и нижней образующих профиля, называют средней линией профиля. Ее максимальное расстояние от хорды f называется кривизной профиля, а удаление от передней точки – координатой максимальной кривизны. Носик профиля образован кривой линией, минимальный радиус которой обозначают r , это радиус скругления носика профиля. Для сравнения профилей разных размеров все указанные величины измеряют относительно хорды профиля. Если толщина профиля указана в процентах, тогда это отношение реальной толщины к величине хорды профиля. На рис. 2.12 верхняя линия, образующая профиль имеет одну форму, а нижняя – другую. Такой профиль называется несимметричным. Если же одна образующая является зеркальным отражением другой, то профиль называется симметричным. Понятно, что кривизна симметричного профиля равна нулю.

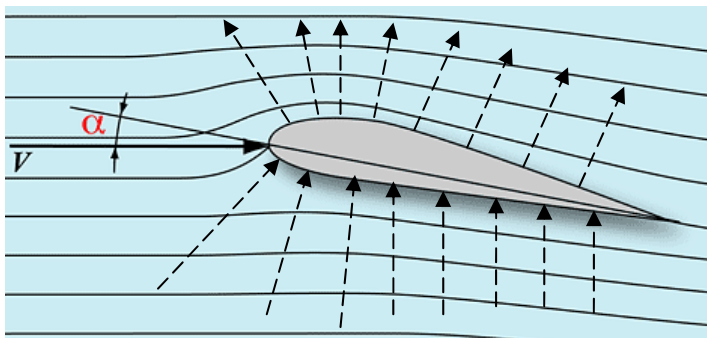


Рис. 2.13. Профиль крыла в потоке воздуха

2.2.2. АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СИЛА. Рассмотрим профиль крыла в потоке воздуха (рис. 2.13). Направления течения элементарных струек воздуха обозначены тонкими линиями. Профиль к

линиям течения находится под углом атаки α – это угол между хордой профиля и невозмущенными линиями течения. Там, где линии сближаются, скорость потока возрастает, абсолютное давление падает, а где они режут, скорость течения уменьшается, давление возрастает. В разных точках профиля воздух давит на крыло с разной силой. Разница между местным давлением у поверхности профиля и давлением воздуха в невозмущенном потоке представлена на рис. 2.13 стрелками, перпендикулярными контуру профиля. Направление и длина стрелок пропорциональны разнице величин давлений.

Рис. 2.13 показывает, что на нижней образующей профиля имеется избыточное давление – подпор воздуха. На верхней же, наоборот, разрежение. Причем оно больше там, где выше скорость обтекания. Примечательно, что подпор снизу в несколько раз превышает разрежение на верхней поверхности крыла. Векторная сумма всех этих стрелочек создает аэродинамическую силу R , с которой воздух действует на движущееся крыло (рис. 2.14).

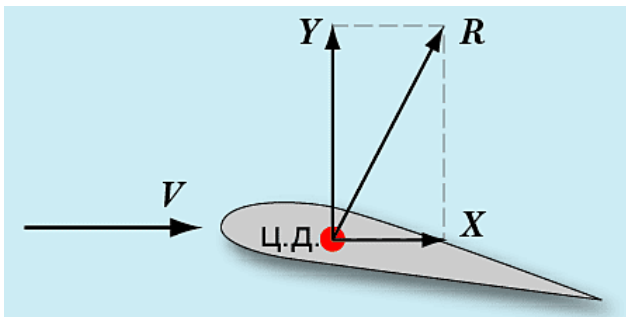


Рис. 2.14. Аэродинамическая сила

Разложив эту силу на вертикальную Y и горизонтальную X составляющие, получаем подъемную силу крыла и силу его лобового сопротивления. Из картины распределения давления ясно, что подъемная сила образуется, в основном, не из подпора на нижней образующей крыла, а из разрежения на верхней.

Точка приложения силы R зависит от характера распределения давления по поверхности профиля. При изменении угла атаки распределение давления тоже будет изменяться. Вместе с ним будет меняться и векторная сумма всех сил по абсолютной величине, направлению и точке приложения, которую называют центром давления (ЦД на рис. 2.14).

Полную аэродинамическую силу и ее составляющие можно определить по эмпирическим формулам:

$$R = c_R S \frac{\rho V^2}{2}, \quad X = c_x S \frac{\rho V^2}{2}, \quad Y = c_y S \frac{\rho V^2}{2}, \quad \text{где}$$

c_R, c_x, c_y – коэффициенты полной аэродинамической силы, подъемной силы и лобового сопротивления соответственно, S – площадь крыла в плане, $\rho V^2 / 2$ – скоростной напор. Совершенство конструкции ВС характеризуется его аэродинамическим качеством K , которое равно отношению подъемной силы к лобовому сопротивлению при одном и том же угле атаки:

$$K = \frac{Y}{X} = \frac{c_y}{c_x}.$$

2.2.3. АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО. Термин «качество» исходит из функции крыла – создавать подъемную силу. При этом появляется побочный эффект – лобовое сопротивление, явление вредное. Логично отношение пользы к вреду назвать качеством. Аэродинамические силы и коэффициенты для крыла и самолета в целом зависят от угла атаки. Эти зависимости обычно

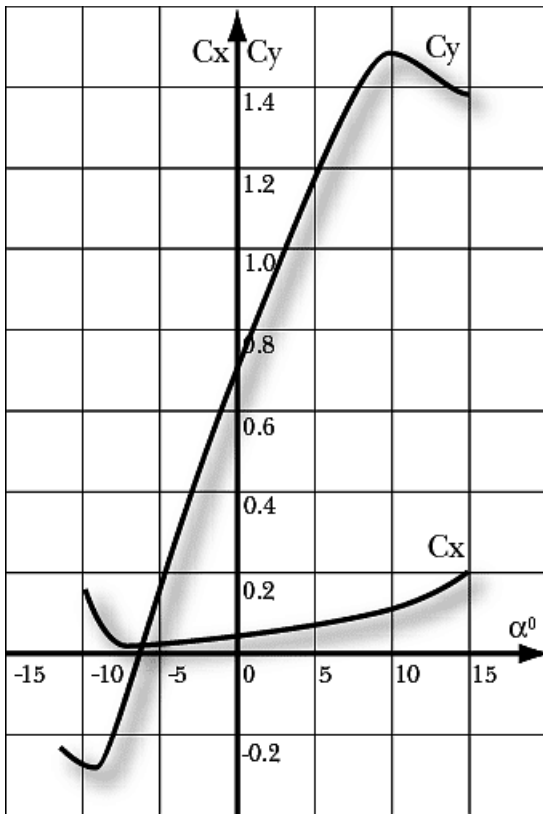


Рис. 2.15. Зависимость коэффициентов c_x и c_y от угла атаки α

определяют экспериментально и представляют в виде графиков. На рис. 2.15 показана зависимость коэффициентов c_x и c_y от угла атаки для несимметричного профиля крыла. Как видно, нулевая подъемная сила c_y имеет место при небольшом отрицательном угле атаки α^0 . При увеличении α коэффициент c_y сначала линейно возрастает, затем рост коэффициента подъемной силы замедляется. При дальнейшем увеличении угла атаки c_y достигает максимума, после чего начинает резко уменьшаться. Угол атаки, при котором c_y — достигает максимума, называется *критическим углом атаки* $\alpha_{кр}$. Для современных самолетов $\alpha_{кр} = 15-20^\circ$, а $c_{у\max} = 0,8-1,2$. Уменьшение коэффициента подъемной силы при $\alpha > \alpha_{кр}$ объясняется тем, что на больших углах атаки происходит срыв потока с поверхности крыла и сильное вихреобразование (рис. 2.16).

В качестве иллюстрации к сказанному возьмите лист бумаги и пронесите его перед собой с разными углами атаки. При малых углах атаки вы будете ощущать определенную нагрузку на свои пальцы. При увеличении угла атаки и той же скорости движения лист будет нести все легче, а при еще большем увеличении α свободный конец листа бумаги начнет опрокидываться на вас. Похожая картина наблюдается и при обтекании самолета потоком воздуха. Отсюда вывод, что ни при каких обстоятельствах нельзя «сильно задирать нос» — опрокинешься.

С увеличением угла атаки коэффициент подъемной силы растет почти пропорционально. При этом подпор на нижней образующей крыла растет не сильно, а разрежение на верхней образующей растет в разы. Если анализировать распределение давления по верху профиля, можно заметить большой перепад давления с задней половины профиля на переднюю, то есть перепад направлен навстречу потоку обтекания. Пока он не слишком велик, скоростной напор обтекающего воздуха справляется с ним. Однако с некоторого угла атаки перепад становится причиной возникновения обратного тока воздуха вдоль второй половины верхней образующей профиля (рис. 2.16).

В точке B происходит отрыв пограничного слоя от

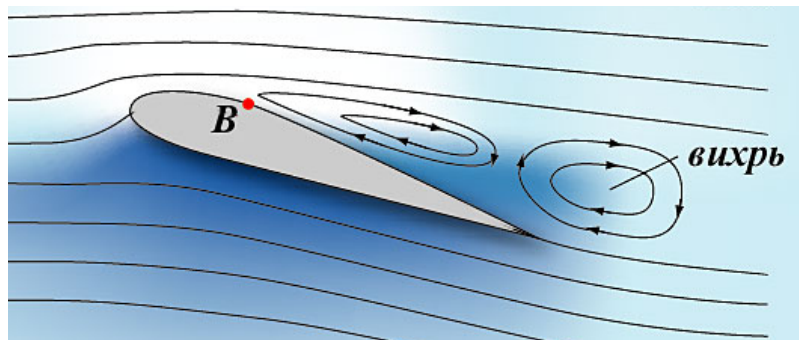


Рис 2.16. Срыв потока и вихреобразование при больших углах атаки α

поверхности крыла. За точкой отрыва возникает вихревое обтекание с линиями обратного тока. Происходит срыв потока. При дальнейшем небольшом увеличении угла атаки C_y вначале немного возрастает. Но точка отрыва быстро перемещается вперед по верхней образующей, после чего C_y начинает падать. Угол атаки, на котором достигается перегиб кривой C_y , называется критическим углом атаки.

Теперь обратимся к C_x . При нулевой подъемной силе он минимален. Лобовое сопротивление при этом обусловлено двумя компонентами: трением воздуха о поверхность крыла и динамическим сопротивлением, обусловленным перепадом давления на переднюю (носик профиля) и заднюю части крыла. Лобовое сопротивление, состоящее из этих двух компонент, называют профильным сопротивлением. По мере увеличения угла атаки появляется и растет подъемная сила крыла. Лобовое сопротивление при этом тоже растет, сначала медленно, потом быстрее. Разницу между лобовым сопротивлением при ненулевой подъемной силе и профильным сопротивлением называют индуктивным сопротивлением. Оно в широких пределах пропорционально квадрату C_y . При срыве обтекания C_x быстро растет и не убывает при дальнейшем росте угла атаки.

Обратите внимание, как изменяется C_y в диапазоне отрицательных углов атаки. Линейный рост довольно быстро заканчивается, а критический угол атаки наступает гораздо раньше, чем при положительных углах и при намного меньшем абсолютном значении C_y . Отсюда становится понятным, почему при несимметричном профиле крыла прямая и обратная петли самолета столь сильно отличаются по величине минимального радиуса. Для симметричного профиля линия C_y для отрицательных углов повторяет зеркально линию для положительных углов. Поэтому на пилотажных самолетах применяют чаще всего симметричные профили.

Зависимость C_y от C_x называют полярной профилем (рис. 2.17). Эта же кривая в полярных координатах дает зависимость длины отрезка между началом координат и любой точкой на поляре от угла наклона этого отрезка к горизонтальной оси. Длина отрезка пропорциональна полной аэродинамической силе R , действующей на крыло, а тангенс упомянутого угла равен аэродинамическому качеству K . Поляра позволяет очень просто оценивать изменение аэродинамического качества профиля крыла. Для удобства, на кривую принято наносить ре-

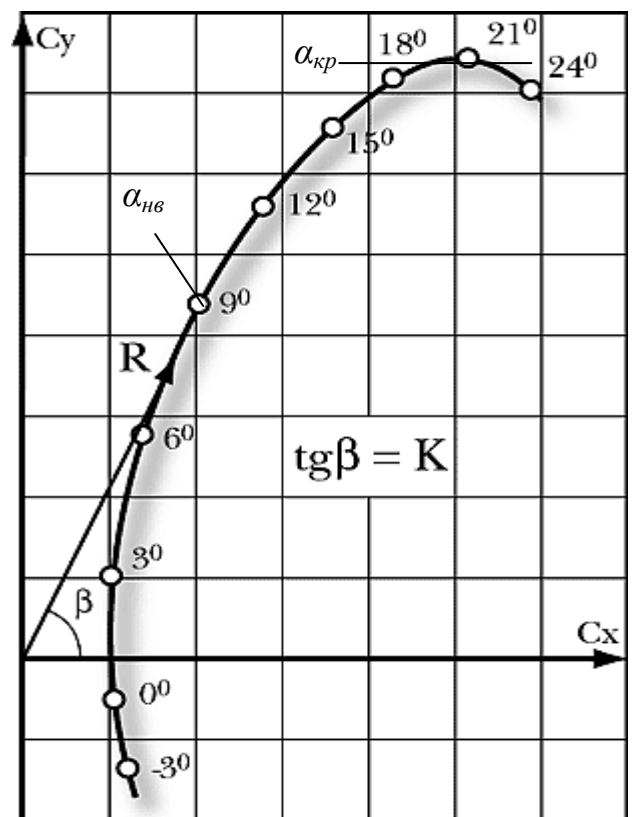


Рис. 2.17. Поляра профиля крыла

перные точки, отмечающие соответствующий угол атаки крыла. По поляре легко оценить профильное сопротивление, максимально достижимое аэродинамическое качество профиля и его другие важные параметры.

Рассмотрим самые характерные точки поляры крыла. Угол атаки нулевой подъемной силы находится на пересечении поляры с горизонтальной осью. Для современных профилей крыла $\alpha_0 = \pm 2^\circ$. Угол атаки, на котором C_x имеет наименьшее значение $C_{x\text{мин}}$, определится, если к поляре провести касательную, параллельную вертикальной оси. Для современных профилей крыла $\alpha_{cx\text{мин}} = 0-1^\circ$. Для определения наивыгоднейшего угла атаки $\alpha_{нв}$ нужно провести касательную к поляре крыла из начала координат. Точка касания и будет соответствовать $\alpha_{нв}$. Для современных профилей крыла $\alpha_{нв} = 6-8^\circ$. Критический угол атаки $\alpha_{кр}$ определяется проведением касательной к поляре, параллельной горизонтальной оси.

Поляра – это один из самых наглядных способов оценки свойств профиля для конкретных применений. По этой кривой легко оценить изменение подъемной силы и лобового сопротивления при изменении угла атаки и их соотношение, то есть качество. По семейству поляр оценивается поведение этих сил при изменении скорости. Характер кривой в диапазоне малых подъемных сил в диапазоне скоростей показывает способность крыла разгоняться в пикировании самолета. Кривая на больших C_y показывает способность к парению на малых скоростях, а ее плавный или резкий изгиб, характеризует темп сваливания при срыве потока обтекания. Асимметрия и поведение поляры в районе отрицательных C_y показывает способность крыла к перевернутому полету, обратным петлям и демонстрирует, насколько они будут отличаться от прямого полета и прямых фигур. По семействам поляр нескольких профилей удобно проводить сравнительный анализ их свойств и выбирать наиболее подходящий для конкретного применения.

В аэродинамике воздух рассматривают как сплошную среду, и поэтому, говоря о его сжимаемости, подразумевают, что частицы воздуха изменяют свой объем при изменении давления, т.е. изменяют плотность. Сжимаемостью воздуха называется изменение его плотности $\Delta\rho$, происходящее при изменении давления Δp . Следовательно, мера сжимаемости равна $\Delta\rho/\Delta p$. Последнее соотношение нетрудно определить из уравнения состояния до сжатия $p = \rho RT$ и после сжатия $p + \Delta p = (\rho + \Delta\rho)RT$. Вычтем из последнего выражения предыдущее и определим меру сжимаемости

$$\Delta p = \Delta\rho RT \text{ или } \frac{\Delta\rho}{\Delta p} = \frac{1}{RT}.$$

Полученная зависимость характеризует сжимаемость воздуха. Это равенство справедливо, если при увеличении давления температура воздуха остается неизменной, т.е. при изотермическом процессе. При движении воздуха, обтекающего самолет, процессы сжатия и расширения частиц настолько быстротечны, что теплообмен между ними практически отсутствует. Такой процесс называется *адиабатическим* и характеризуется повышением температуры при сжатии и ее понижением при расширении. Эти изменения температуры препятст-

вуют изменению плотности воздуха. Сжимаемость воздуха при адиабатическом процессе меньше, чем при изотермическом, в 1.4 раза ($\chi = c_p/c_v$), т.е.

$$\frac{\Delta\rho}{\Delta p} = \frac{1}{\chi RT} = \frac{1}{1,4 \cdot 287T} = \frac{1}{400T}.$$

Очевидно, что сжимаемость воздуха зависит только от температуры: чем выше температура воздуха, тем меньше его сжимаемость. Критерием сжимаемости воздуха принято считать *скорость звука*, так как под скоростью звука понимают скорость распространения в пространстве малых изменений давления и плотности. Зависимость скорости звука α от изменения давления и плотности определяется формулой $\alpha^2 = \Delta p / \Delta \rho$. Отсюда $\alpha^2 = 400T$; $\alpha = 20\sqrt{T}$. Таким образом, скорость звука – величина, обратная сжимаемости. Чем больше скорость звука, тем меньше сжимаемость, и наоборот. При более высокой температуре воздух обладает большей упругостью и труднее сжимается.

Сжимаемость воздуха зависит не только от скорости звука (характеристики среды), но и от скорости полета. Сжимаемость прямо пропорциональна истинной скорости полета V и обратно пропорциональна скорости звука, т.е. характеризуется отношением V/α . Это отношение называется *числом Маха*, или *числом M* : $M = V/\alpha$. Число M является мерой сжимаемости воздуха. При малых числах M относительные изменения плотности незначительны, следовательно, воздух можно считать несжимаемым и рассматривать как несжимаемую жидкость. В зависимости от полетного числа M различают следующие виды воздушных течений:

- несжимаемое $0 < M \leq 0.5$,
- сжимаемое $0,5 < M \leq 0.8$,
- околозвуковое $0.8 < M \leq 1.2$,
- сверхзвуковое $1.2 < M \leq 5.0$,
- гиперзвуковое $M > 5.0$.

Современная авиация к началу XXI века освоила на практике четыре из пяти перечисленных классов. ВС гражданской авиации уже летают со скоростями, равными $M = 2.0$, а военные покорили рубеж $3M$. В настоящее время в России (совместно с США) и в Японии разработаны проекты самолетов, которые будут летать в шесть раз быстрее звука, т.е. со скоростью $M = 6,0$.

2.3. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА ПОЛЕТЫ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

2.3.1. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ. Рассмотрим задачу *измерения высоты*, на которой летит ВС. Пусть самолет движется горизонтально. Тогда можно говорить об истинной высоте полета $H_{ист}$, об абсолютной высоте $H_{абс}$ т.е. высоте полета над уровнем моря, а также об относительной высоте $H_{отн}$ полета относительно аэродрома вылета (посадки) или относительно стандартного давления у земли.

Высота полета может определяться или с помощью радиотехнических средств, или с помощью барометрического высотомера. При использовании радиовысотомера определяется истинная высота полета $H_{ист}$. Принцип работы прибора основан на измерении времени прохождения радиоволной расстояния от передатчика, установленного на борту самолета, до поверхности

земли и обратно. Радиовысотомеры обеспечивают высокую точность измерений, их показания не зависят от метеорологических условий и скорости полета. Однако использовать радиовысотомеры при полетах трудно, особенно над пересеченной местностью, так как в этом случае показания высотомера будут «прыгать» со скоростью изменения высоты рельефа.

Основным методом измерения высоты в полете является барометрический, использующий закономерности изменения атмосферного давления с высотой. Иными словами, летчик в полете измеряет не высоту полета, а давление на высоте полета и, введя в показания высотомера необходимые поправки, определяет высоту полета. Шкала барометра (высотомера) градуируется в единицах высоты для условий стандартной атмосферы (СА). Возникающие ошибки бывают или *барометрическими*, или *температурными*.

Барометрическая ошибка устраняется при внесении поправки на давление с помощью подвижной шкалы высотомера. Перед взлетом самолета пилот устанавливает стрелки прибора на нулевое деление. При этом нулю высоты соответствует значение давления на уровне ВПП. В дальнейшем высотомер будет показывать *относительную высоту* – высоту относительно аэродрома вылета. Чтобы выдерживать в полете высоту эшелона, летчик после достижения безопасной высоты обязан на подвижной шкале установить давление 760 мм рт. ст. в качестве исходного значения для отсчета высоты эшелона относительно давления на уровне моря в условиях СА.

Температурная ошибка возникает за счет отклонения средней температуры слоя от земли до заданной высоты полета от стандартного значения. Значение этой ошибки рассчитывается по данным о распределении температуры воздуха с высотой. Расчет производится по формуле

$$Z_{\phi} = Z_{ca} \frac{T_{cp.\phi}}{T_{cp.ca}},$$

где $T_{cp} = 0,5(T_0 + T_z)$; T_0 и T_z - температура у земли и на эшелоне полета соответственно, индекс ' ϕ ' указывает результат фактических измерений.

В принципе, сохраняя постоянную высоту полета, все самолеты летят не по какой-либо горизонтали, а по изобаре, раз высота в полете измеряется по барометрическому высотомеру. Если не учитывать отклонение средней температуры слоя от стандартного значения, то ошибки в определении высоты полета могут составить 8-13 %, а это уже достаточно много. Вот одна из причин, зачем необходим прогноз температуры воздуха у земли и на высотах, который сообщается летному составу.

Для *определения скорости* движения самолета относительно воздуха (воздушной скорости V) используется специальный прибор – *указатель воздушной скорости*. Принцип его действия основан на измерении динамического давления (скоростного напора q) – разности между полным p_n и статическим $p_{стат}$ давлением воздуха в полете.

Приемной частью указателя воздушной скорости, как и барометрического высотомера, является приемник воздушного давления (ПВД). В динамической камере через отверстие, обращенное в сторону потока, устанавли-

вается полное давление p_n . По трубопроводу это давление передается в полость манометрической коробки. Через боковые отверстия в статическую камеру ПВД передается статическое давление $p_{\text{стат}}$. Это же давление благодаря наличию второго трубопровода устанавливается в герметическом корпусе прибора. Под действием разности динамического и статического давлений происходит деформация манометрической коробки, которая при помощи передаточного механизма передается стрелкам указателя воздушной скорости. Таким образом, если статическое давление $p_{\text{стат}}$ – это давление на высоте полета, то полное давление p_n больше статического на величину скоростного напора q

$$q = (p_n - p_{\text{стат}}) A \frac{\rho_{\text{hf}} V_{\text{ист}}^2}{2},$$

где A – коэффициент пропорциональности; ρ_{hf} – плотность воздуха на высоте полета; $V_{\text{ист}}$ – истинная скорость полета.

Если мембранную коробку соединить со стрелкой и шкалой, то такой прибор будет показывать скорость полета. Однако возникает проблема: на каждой высоте «своя» плотность воздуха, а это значит, что при одной и той же скорости полета на разных высотах будет «своя» скорость. Для преодоления затруднения шкалу указателя воздушной скорости градуируют относительно плотности воздуха у земли в стандартных условиях $\rho_{0\text{ст}}$. При этом указатель скорости показывает так называемую приборную скорость V_{np} . Показания при-

бора можно определить по формуле: $q = A \frac{\rho_{0\text{ст}} V_{\text{np}}^2}{2}$.

Показания прибора зависят только от значения скоростного напора q , вследствие чего можно записать $\rho_{\text{hf}} V_{\text{ист}}^2 = \rho_{0\text{ст}} V_{\text{np}}^2$, откуда значение истинной

скорости полета в функции приборной скорости: $V_{\text{ист}} = V_{\text{np}} \sqrt{\frac{\rho_{0\text{ст}}}{\rho_{\text{hf}}}}$.

В настоящее время используются не указатели скорости, а комбинированные указатели скорости, так называемые КУСы. Эти приборы имеют две стрелки, а не одну. Толстая стрелка показывает приборную скорость полета, а тонкая стрелка – истинную скорость полета, но только в случае стандартного распределения температуры воздуха с высотой. В реальных условиях скорость полета, измеренная по тонкой стрелке, может отличаться от фактической скорости полета на 10-15 %. Все поправки при определении скорости в показаниях КУСа вводятся по метеорологическим данным, полученным от синоптика.

2.3.2. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА АЭРОДИНАМИКУ ПОЛЕТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ. Известно (см. п.2.1.2), что ВС может лететь горизонтально в том случае, если подъемная сила равна его весу, т.е. $Y=G$. Следовательно, необходимая скорость горизонтального полета вычисляется исходя из подъем-

ной силы $Y = G = c_y S \frac{\rho V_{zn}^2}{2}$, откуда

$$V_{zn} = \sqrt{\frac{2G}{c_y S \rho}} = \sqrt{\frac{2GRT}{c_y S p}}.$$

Как видно из двух последних выражений, потребная скорость горизонтального полета будет увеличиваться в том случае, если на высоте полета уменьшается плотность воздуха (уменьшается давление и увеличивается температура). С увеличением высоты полета увеличивается и потребная скорость горизонтального полета, так как с высотой уменьшается плотность воздуха. Увеличение температуры приводит также к увеличению потребной скорости.

Для оценки влияния температуры на потребную скорость полета логарифмически продифференцируем последнее выражение. Тогда получим

$$\Delta V_{\text{нотр}} = \frac{1}{2} V_{\text{нотр}} \frac{\Delta T}{T},$$

где ΔT – отклонение температуры воздуха от стандартного значения.

Только за счет отклонения температуры воздуха от стандартных значений потребная скорость полета может измениться на 100 км/ч и более.

2.3.2.1. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ТЯГУ ДВИГАТЕЛЯ И РАСХОД ТОПЛИВА. Наибольшая сила тяги, которую может развить двигатель на определенной высоте, называется *располагаемой тягой* и обозначается P_p . Располагаемая тяга в значительной мере определяется давлением и температурой воздуха на высоте полета. Тяга зависит от массы воздуха, проходящей через двигатель в единицу времени, а следовательно, от температуры и давления. При полете на постоянной высоте тяга двигателя зависит только от температуры.

Часовой расход топлива c_h показывает, сколько топлива расходует ВС за час полета. Часовой расход зависит только от температуры воздуха, его плотности и скорости полета. Измеряется часовой расход в кг/ч и в среднем составляет для самолета Ту-154 примерно 7000 кг/ч, для Ту-134 – 3500 кг/ч и для Ил-62 или Ил-86 – 9000-10 000 кг/ч.

Километровый расход топлива c_k показывает, какое количество топлива необходимо ВС для того, чтобы пролететь 1 км. Измеряется километровый расход топлива в кг/км и зависит не только от температуры, плотности воздуха и скорости полета, но и от скорости и направления ветра и направления полета. Для магистральных самолетов километровый расход топлива составляет 5-10 кг/км. Часовой и километровый расходы топлива связаны между собой соотношением $c_h = c_k V$, где V – скорость полета.

Методами теории подобия можно получить зависимость фактического часового расхода топлива $c_{h\phi}$ от фактической температуры воздуха T_ϕ

$$c_{h\phi} = c_{hcc} \sqrt{\frac{T_\phi}{T_{ca}}}$$

Из последнего выражения видно, что при переходе от зимы к лету, в отличие от автомобильного транспорта, часовой расход топлива на воздушном транспорте увеличивается, и это увеличение составляет 5-6 %.

Кроме часового и километрового расходов топлива, иногда в авиации используется такое понятие, как *удельный расход топлива* c_p , который показывает, какое количество топлива необходимо для создания 1 кг тяги. Измеряется удельный расход в [кг топлива/кг тяги], и для наших магистральных самолетов он равен $c_p = 0,4 - 0,6$.

2.3.2.2. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ВЗЛЕТ И ПОСАДКУ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ. Перед взлетом самолет выруливает на взлетную полосу, а затем, получив разрешение диспетчера старта, начинает разбег по ВПП. Самолет взлетает тогда, когда при разбеге его скорость достигает скорости отрыва, т.е.

$$V_{отр} = V \sqrt{\frac{2G}{c_{y_{отр}} S \rho}}$$

Очевидно, что если в последней формуле есть плотность воздуха ρ , то любые изменения температуры и давления, приводящие к уменьшению плотности, увеличивают скорость отрыва. Это, в свою очередь, увеличивает длину разбега самолета. Для определения длины разбега в любых условиях можно воспользоваться формулой

$$L_{разб.ф} = \frac{L_{разб.са}}{\Delta^3}$$

Здесь $L_{разб.ф}$ – фактическая длина разбега самолета, $L_{разб.са}$ – длина разбега самолета в стандартных условиях, а $\Delta = \rho_{ф}/\rho_{са}$ – соотношение фактической и стандартной плотности воздуха у земли.

Простые расчеты показывают, что увеличение температуры воздуха на 1° приводит к увеличению длины разбега на 1%, а увеличение атмосферного давления на 1% приводит к уменьшению длины разбега на 2%. Аналогичные процессы наблюдаются и при посадке ВС. Так, при увеличении температуры воздуха и уменьшении давления (уменьшении плотности) посадочная скорость увеличивается, а следовательно, увеличивается и длина пробега. Фактическую длину пробега самолета при любой температуре определяют по формуле

$$L_{проб.ф} = L_{проб.са} (0,95 + 0,0031 t),$$

где t – температура воздуха, $^\circ\text{C}$; $L_{проб.ф}$ и $L_{проб.са}$ – фактическая и стандартная длина пробега соответственно. Установлено, что изменение температуры воздуха на 3° изменяет посадочную скорость на 1 км/ч, что соответствует изменению массы самолета на 250-300 кг.

Существуют аэродромы, на которых при высоких температурах воздуха нельзя выполнить ни взлет, ни посадку – слишком короткая ВПП. Приходится переносить аэродромные операции на вечернее и ночное время, когда станет не так жарко, и температура воздуха понизится.

2.3.2.3. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОПОДЪЕМНОСТЬ И ПОТОЛОК. Увеличение плотности воздуха приводит к росту тяги двигателя, а следовательно, и к увеличению потолка самолета. Величина фактического потолка самолета может быть определена по следующей формуле

$$H_{ном.ф} = H_{ном.са} - (760 - p_{0,ф}) \cdot 10 - (T_{тртн.ф} - T_{тртн.са}) \cdot 80, \text{ где}$$

$H_{ном.ф}$, $H_{ном.са}$ – высота потолка ВС фактическая и в стандартных условиях; $p_{0,ф}$ – фактическое давление воздуха у земли, мм рт. ст.; $T_{тртн.ф}$ и $T_{тртн.са}$ – фактическая и стандартная температура тропопаузы соответственно.

Тогда отклонение $\Delta H_{ном}$ от стандартного значения потолка

$$\Delta H_{ном} = H_{ном.ф} - H_{ном.са} = (760 - p_{0,ф}) \cdot 10 - (T_{тртн.ф} - T_{тртн.са}) \cdot 80.$$

Анализируя формулу, легко убедиться в том, что повышение давления у земли и понижение температуры на высоте полета (то и другое приводит к увеличению плотности воздуха, следовательно, и тяги двигателя) являются причинами, из-за которых потолок самолета может превышать стандартное значение. Влияние температуры на изменение потолка самолета примерно на порядок больше, чем влияние атмосферного давления у земли. Как следствие, для определения потолка ВС иногда пользуются упрощенной формулой

$$\Delta H_{nom} = k \cdot \Delta T_H,$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа ВС и показывающий, как изменяется потолок при изменении температуры на 1° ; ΔT_H – отклонение температуры воздуха от стандартного значения на высоте потолка самолета. Коэффициент k измеряется в $м/град$ и равен для Ту-134 (–40), для Ту-154 (–55), для Ил-62 (–100) и для Ил-86 (–130).

2.3.3. ОБЛЕДЕНЕНИЕ, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ТУМАН, ОРНИТОЛОГИЯ.

2.3.3.1. ОБЛЕДЕНЕНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. Обледенение ВС – это метеорологическое явление, опасное для авиации. Оно ухудшает аэродинамическое качество самолета, его устойчивость и управляемость. Сильное обледенение может привести к авиационным катастрофам. Обледенением называется отложение льда (иней или изморози) на обтекаемых поверхностях летательного аппарата (ЛА), силовых установках и внешних деталях специального оборудования при полете в облаках, тумане, дожде или мокром снеге. Необходимым и достаточным условием для обледенения ЛА в полете являются перенасыщение воздуха влагой (облака, осадки), отрицательные температуры воздуха на поверхности ЛА. Обледенение характеризуется интенсивностью, т.е. массой отлагающегося льда на единице площади в единицу времени, либо толщиной льда, отлагающегося на единице площади обледеневшей поверхности ВС в единицу времени. Размерность интенсивности обледенения [мм/мин]. По интенсивности обледенение ЛА подразделяют на:

- слабое (обозначают одной вертикальной чертой: |), до 0,5 мм/мин;
- умеренное (||), в диапазоне 0,5 – 1,0 мм/мин;
- сильное (|||), более 1,0 мм/мин.

Указанные параметры являются ориентировочными. Они не являются одинаковыми для всех типов самолетов и вертолетов, одно и то же значение интенсивности для одного типа ВС представляет опасность, а для другого – нет. Прежде чем перейти к механизму нарастания льда на поверхности ЛА, рассмотрим, каким образом взаимодействуют ЛА и окружающая среда. Для понимания процесса целесообразно ввести некоторые допущения:

1. Механизм оседания рассматривается не для всей поверхности ЛА, а для крыла (плоскости).

2. Крыло ЛА имеет отрицательную температуру и обтекается воздушным потоком, содержащим переохлажденные капли воды.

3. Передняя кромка крыла имеет форму пластины, т.е. ее плоскость перпендикулярна набегающему воздушному потоку.

Рассмотрим с учетом этих допущений механизм оседания капель раз-

личного диаметра на крыле ЛА в невозмущенном потоке.

Капли, смещаясь по параллельным траекториям (сплошные линии стрелок на рис. 2.18) в направлении воздушного потока, достигают поверхности крыла и осаждаются. В этом случае массу переохлажденной воды, осаждающейся в единицу времени на единице длины наибольшего сечения крыла ЛА, оценивают с помощью соотношения: $m_b = W \cdot V \cdot \Delta l$, где m_b – максимально возможная масса осаждающейся воды в невозмущенном потоке, W – водность облака, V – скорость полета, Δl – толщина крыла.

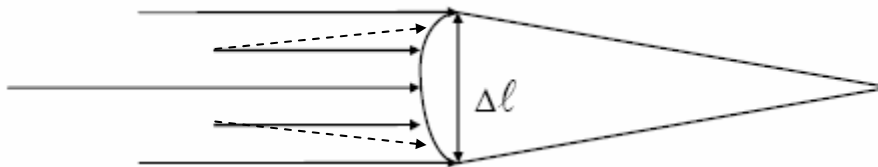


Рис. 2.18. Механизм оседания капель на крыле в невозмущенном потоке

В реальных условиях необходимо учитывать, что вблизи передней кромки крыла происходит возмущение воздушного потока, вследствие которого наблюдаются искривления траекторий смещения капель (пунктирные линии стрелок на рис. 2.18). Траектории капель огибают периферию крыла, отклоняясь от направления потока на величину Δy . Масса осаждающейся воды в единицу времени на единицу наибольшего сечения крыла самолета, будет обуславливаться меньшим ее объемом, чем в невозмущенном потоке

$$m_t = W \cdot V \cdot \Delta y,$$

где m_t – фактическая масса осаждающейся воды в возмущенном потоке, Δy – расстояние между двумя траекториями соседних капель, осаждающихся на перифериях крыла. Отношение фактической массы осевшей воды m_t к максимально возможной ее массе m_b называют полным коэффициентом оседания (захвата), обозначают E и рассчитывают по формуле

$$E = m_t / m_b = W \cdot V \cdot \Delta y / W \cdot V \cdot \Delta l = \Delta y / \Delta l.$$

Масса воды пропорциональна количеству соударяющихся с крылом капель, значит, коэффициент оседания E характеризует отношение числа капель, соударяющихся с передней кромкой крыла самолета, к числу тех капель, которые столкнулись бы с ней, если бы они двигались прямолинейно. Коэффициент оседания E зависит от нескольких факторов, важнейшими из которых являются размеры крыла ЛА, скорость полета, размеры капель, вязкость воздуха. Пусть вся осевшая на поверхности крыла ЛА вода превратилась в лед, т.е. $m_t = m_i$, где $m_i = \rho \cdot J \cdot \Delta l$ – масса образовавшегося льда, ρ – плотность образовавшегося льда. Исходя из допущения $m_t = m_i$, определим интенсивность обледенения J : $W \cdot V \cdot \Delta y = \rho \cdot J \cdot \Delta l$; $J = W \cdot V \cdot \Delta y / \rho \cdot \Delta l = W \cdot V \cdot E / \rho$. Однако в реальных условиях не вся осевшая вода замерзает на крыле ЛА, часть ее уносится потоком, сдувается. Для учета этого фактора вводится коэффициент намерзания β , который представляет собой отношение массы наросшего льда к массе воды, осевшей за то же время на ту же поверхность. Установлено, что при температуре ниже -5°C коэффициент намерзания β равен единице. В общем виде $J = W \cdot V \cdot E \cdot \beta / \rho$, и если использовать размерность величин в системе единиц W – г/см³, V – см/сек, ρ – г/см³, то размер-

ность интенсивности J будет см/сек. Для удобства оценки интенсивности обледенения размерность результата преобразуют к величине мм/мин. Тогда формула для J принимает рабочий вид $J = 1,67 \cdot W \cdot V \cdot E \cdot \beta / 100 \cdot \rho$.

Таким образом, интенсивность обледенения увеличивается с увеличением влажности воздуха, скорости ВС, коэффициента захвата и с уменьшением плотности льда. Значение влажности облаков меняется в широких пределах от тысячных долей до нескольких граммов в 1 м^3 воздуха. В среднем с увеличением влажности облака интенсивность обледенения возрастает. В качестве примера можно привести статистику по данным зондирования с учетом распределения капель и их размеров (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Зависимость интенсивности обледенения от влажности облака							
J мм/мин	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-0,7	0,8-1,0	1,1-1,2	1,3-1,5	1,6
W г/м ³	0,062	0,078	0,108	0,135	0,160	0,185	0,20

Коэффициент захвата E растет при увеличении радиуса капель воды, скорости полета и при уменьшении размеров крыла ЛА. Поясним эту связь: чем больше величина капель, тем больше их масса, тем больше их инерция, следовательно, тем меньше искривление их траектории, что ведет к столкновению большего количества капель с поверхностью крыла. Повышение скорости потока ведет к тем же изменениям коэффициента оседания. Уменьшение же линейных размеров крыла приводит к меньшему возмущению воздушного потока, что, в свою очередь, приводит к меньшей кривизне траектории капель и к увеличению коэффициента E .

Плотность образовавшегося льда на поверхности ВС колеблется в небольших пределах от $0,6 - 0,7 \text{ г/см}^3$ до $0,9 - 1,0 \text{ г/см}^3$ в зависимости от вида льда. Существует три основных вида отложений – лед, изморозь и иней.

Ледяные отложения могут образовываться в результате:

- замерзания переохлажденных водяных капель облака или тумана до соприкосновения их с частями ЛА;
- непосредственного оседания кристаллов льда, снега, града;
- сублимации водяного пара на поверхности летательных аппаратов.

Процесс образования льда на летательных аппаратах вследствие замерзания переохлажденных капель, является самым распространенным и опасным. Кристаллы, сухой снег и град обычно не оседают на поверхности ЛА так как сметаются потоком воздуха. Однако при полетах реактивных самолетов отмечаются случаи обледенения в кристаллических облаках. Это объясняется тем, что поверхность вследствие кинетического нагрева может иметь значительную положительную температуру и кристаллы, соприкасаясь с ней, плавятся. Затем, замерзая снова, они образуют слой шероховатого льда.

Процесс сублимации наблюдается при соприкосновении водяного пара с более холодными, чем воздух, частями ЛА. Например, при быстром снижении самолета из более холодных верхних слоев атмосферы в более теплые нижние слои, при входе в слой инверсии, на поверхности ВС образуются ледяные кристаллы. Спустя некоторое время (когда температура самолета

сравнивается с температурой окружающего воздуха) они исчезают. Обычно это тонкий налет, не создающий угрозы полету, однако он может покрыть остекление кабины самолета и тем самым препятствовать визуальной посадке.

Интересна зависимость интенсивности обледенения от скорости полета. При ее возрастании до определенных пределов (около 0,5 числа Маха) интенсивность обледенения увеличивается. При этом вклад скорости сказывается не только непосредственно через выражение для J , но также и через коэффициент оседания E , который возрастает с увеличением скорости. Однако с увеличением скорости полета наблюдается явление, препятствующее обледенению. При полете со скоростью, превышающей 0,5 М, наблюдается так называемый кинетический нагрев (скоростной нагрев) поверхности ЛА, вызванный торможением воздушного потока. Происходит сжатие воздуха перед плоскостью крыла, трение воздуха о его поверхность и, как следствие, повышение температуры обледеневших частей самолета. Значения кинетического нагрева могут перекрывать отрицательные температуры окружающей среды, в этих условиях обледенения не будет.

2.3.3.2. Влияние турбулентности на полеты воздушных судов. Выше рассматривалось влияние ветра на деятельность авиации в предположении, что в атмосфере отсутствуют возмущения воздушного потока, т.е. поток ламинарный. Однако такое состояние атмосферы наблюдается довольно редко, и важно знать, во-первых, какие бывают возмущения в воздушном потоке, во-вторых, какое они оказывают действие на ЛА и, в-третьих, каким образом повысить безопасность при полетах в этих возмущениях.

Одним из характерных свойств атмосферы является турбулентность. Она представляет собой неупорядоченное, хаотическое движение воздуха. Основными причинами ее возникновения являются градиенты температуры и скорости ветра, которые наблюдаются при следующих процессах:

- неравномерный нагрев подстилающей поверхности;
- взаимодействие масс воздуха между собой и с земной поверхностью;
- интенсивное образование облаков;
- деформация воздушных течений горными препятствиями.

Перечисленные процессы могут проявляться в различных сочетаниях и действовать одновременно или быть разнесенными по времени. Однако в большинстве случаев одни атмосферные процессы преобладают над другими и, учитывая это, турбулентность можно подразделять на термическую, динамическую и механическую.

Термическая турбулентность – возникает при неравномерном нагреве подстилающей поверхности или в результате адвекции (горизонтальное перемещение и перенос температуры, влажности и других свойств) холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность. Характерным ее проявлением являются кучево-дождевые облака. Термическая турбулентность имеет хорошо выраженный суточный ход (максимум – днем, минимум – ночью) и существенно зависит от количества облаков (при облачности 3–5 баллов турбулентность максимальная). Термическая турбулентность может проявляться во всей толще тропосферы.

Динамическая турбулентность обусловлена существованием значительных вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра, возникающих при взаимодействии воздушных масс с разными характеристиками (например, различные скорости воздушных масс приводят к трению одной воздушной массы о другую). Динамическая турбулентность проявляется на всех высотах, но большая повторяемость наблюдается в зоне струйных течений.

Механическая турбулентность образуется в результате взаимодействия воздушного потока с поверхностью земли или деформации воздушного потока орографическими (наземными) препятствиями. Этот вид турбулентности, как правило, наблюдается в приземном слое, однако в горной местности проявляется и на больших высотах (толщина зон турбулентности превышает высоту препятствий в 3-4 раза).

Исследования показывают, что турбулентность с высотой уменьшается, затем в слое 6-12 км возрастает и достигает максимума (до 20%), далее опять уменьшается и на высоте 14-15 км не превышает 3-4%. Турбулентные зоны имеют достаточно четко выраженные границы, что позволяет определить их толщину и горизонтальные размеры. В тропосфере толщина турбулентных зон составляет 400-800 м, в стратосфере несколько меньше – 200-300 м. Следует учитывать, что с уменьшением географической широты растет повторяемость большей толщины турбулентных зон. В конкретных метеорологических условиях их толщина достигает нескольких тысяч метров (рис. 2.19).

Турбулентные зоны имеют различную горизонтальную протяженность, от нескольких километров до нескольких сотен (400-500 км), а иногда тысяч километров. Однако чаще всего (около 70% случаев) для умеренных широт РФ горизонтальная протяженность составляет менее 100 км, и только в 4% случаев – больше 400 км. Горизонтальная и вертикальная структура турбулентных зон очень сложна. Турбулентные зоны могут быть сплошными, а также прерывистыми, состоящими из нескольких турбулентных участков.

Продолжительность существования турбулентных зон может изменяться в больших пределах. Как правило, она составляет в 75%

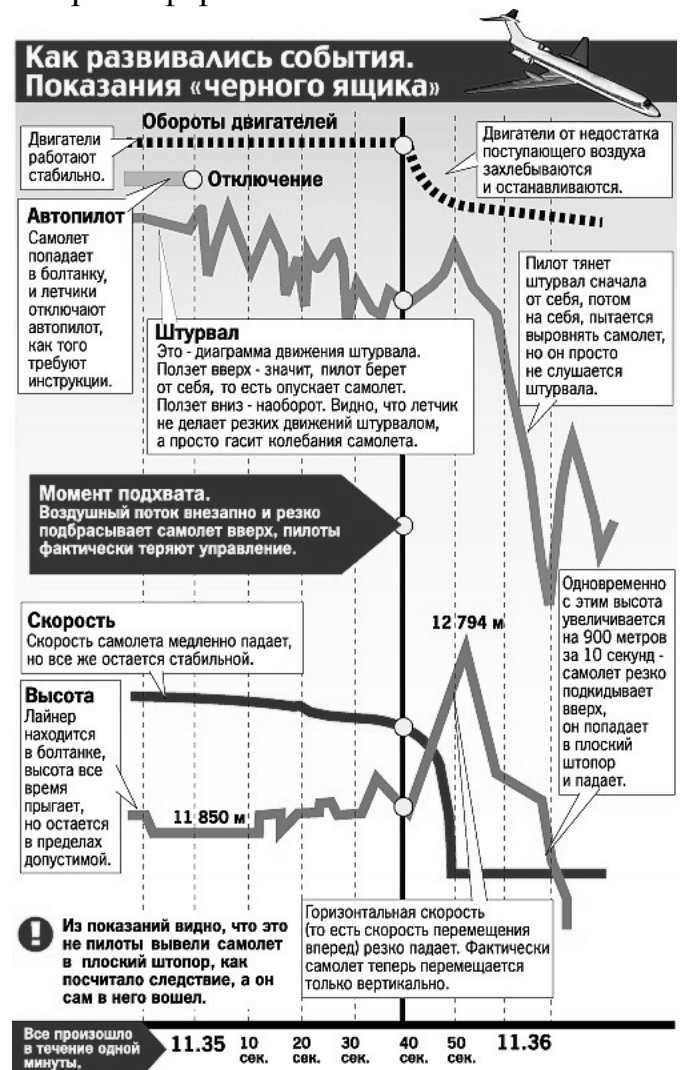


Рис. 2.19. Влияние турбулентности на полеты воздушных судов

случаев – около 5 часов. В частных случаях отмечалась следующая повторяемость: в 80-90% случаев на высотах 8-12 км около 1 часа, в 60-75% – в течение 1,5-6,0 часов. Особое место в изучении турбулентных зон принадлежит турбулентности при ясном небе (ТЯН), являющейся разновидностью динамической турбулентности. ТЯН отмечается в умеренных широтах примерно в 10%, а в южных в 15-20% от общего числа полетов самолетов. В стратосфере ТЯН наблюдается еще реже (около 1%). Интенсивность ТЯН не превышает умеренной, горизонтальные размеры в 89% случаев не превышают 140-170 км, в тропосфере в 90% случаев не более 1000 м, в стратосфере около 350 м. Атмосферная турбулентность оказывает значительное воздействие на динамику полета самолетов и вертолетов, вызывая их болтанку.

Степень влияния турбулентности на полет ЛА зависит от размеров облачных вихрей и скорости ветра в них. Болтанка обуславливается главным образом вихрями, размеры которых соизмеримы с размерами ВС. Таким образом, для каждого ЛА можно выделить спектр размеров турбулентных вихрей, которые оказывают воздействие на его полет. Влияние турбулентности на полет зависит от частоты изменения направления турбулентного вихря, воздействующего на ВС. При медленных изменениях воздушного потока самолет переносится вместе с ним, а высокочастотные изменения оказывают столь кратковременное воздействие, что практически незаметны.

С увеличением скорости полета спектр частот изменения турбулентных вихрей, оказывающих влияние на полет данного типа ЛА, смещается в сторону более низких частот. Например, на полет самолета с дозвуковыми скоростями оказывают влияние вихри длиной от 10-20 км до 3-4 км (тяжелых самолетов – 6-7 км), а при полете со сверхзвуковой скоростью на высотах 20 км и выше – длиной до 15-20 км. В авиационных расчетах используются главным образом данные о величине и повторяемости так называемой эффективной скорости вертикальных порывов воздуха $W_{эф}$. ПО представляет данные о турбулентности в районе полетной информации в обобщенном картографическом виде (рис. 2.20) для своевременного оповещения диспетчеров.

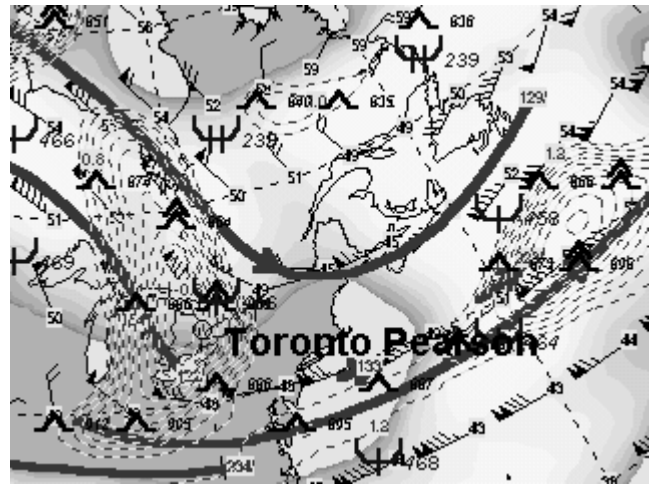


Рис. 2.20. Карта турбулентности

2.3.3.3. Туманы и дымки. Метеорологическим явлением, снижающим наклонную видимость, являются туманы и дымки. Образуются туманы при высокой (около 100%) относительной влажности и в присутствии в воздухе ядер конденсации. Туман и дымка представляют собой результат конденсации водяного пара в непосредственной близости к земной поверхности (в приземном слое атмосферы). Туман есть совокупность взвешенных в воздухе капель воды или кристаллов льда, ухудшающих метеорологическую дальность видимости до значения менее 1 км. При видимости от 1 до 10 км эта

совокупность капель и кристаллов называется дымкой.

Физические свойства тумана определяются агрегатным состоянием, размером частиц, их числом в единице объема, а также количеством капельно-жидкой влаги в единице объема, т.е. водностью тумана. Определить последнюю затруднительно, но по имеющимся в настоящее время результатам исследований при слабых туманах водность тумана лежит в пределах от 0,005 до 0,1 г/м³ при низких температурах (-20°, -30°) и до 1 – 1,5 г/м³ при положительных температурах. В слабом и умеренном тумане содержится от 50 до 100 капель в 1 см³, а в сильном тумане до 500 – 600 капель.

Туманы делятся по интенсивности, мощности и происхождению. По интенсивности, в зависимости от величины ухудшения видимости, туман подразделяется на:

- очень сильный (видимость менее 50 м);
- сильный (видимость 50 – 200 м);
- умеренный (видимость 200 – 500 м);
- слабый (видимость 500 – 1000 м).

По мощности различают туманы:

- поземные – высотой до 2 м;
- низкие – высотой от 2 до 10 м;
- средние – высотой от 10 до 100 м;
- высокие – высотой более 100 м.

По происхождению туманы делятся на внутримассовые, которые формируются в однородных воздушных массах и фронтальные, которые образуются на границах атмосферных фронтов. Внутримассовые подразделяются на туманы охлаждения и туманы испарения. Туманы охлаждения возникают в результате охлаждения воздуха ниже точки росы. Это понижение может произойти по разным причинам, вследствие чего туман охлаждения подразделяется, в свою очередь, на три разновидности.

1. Радиационные туманы (рис. 2.21) образуются за счет ночного выхолаживания приземного слоя воздуха. Обычно наблюдаются в тихие ясные ночи. Появляются, как правило, перед восходом солнца и исчезают в 10 – 11 часов. Площади, занимаемые такими туманами сравнительно невелики, мощность 100 – 150 м. Радиационные туманы образуются в результате охлаждения приземной поверхности и прилегающего слоя воздуха под влиянием



Рис. 2.21 Высокий (слева) и поземный (справа) радиационный туман

излучения и турбулентного перемешивания. Интенсивность часто сильная. Иногда вертикальная и наклонная видимость больше горизонтальной. Радиационный туман – это туман, возникший над поверхностью почвы, выхоладившейся путем излучения (чаще всего ночного, или зимой – круглосуточно). Такое излучение – часть радиационного обмена между нижними слоями атмосферы и подстилающей поверхностью. Разновидностями радиационного тумана являются высокий и поземный туманы. Высокий туман возникает на больших площадях в устойчивых антициклонах над сушей в холодное время года, главным образом вследствие длительного выхолаживания земной поверхности. Называется высоким потому, что возникает преимущественно сверху, как слоистые облака под слоем инверсии оседания, и затем постепенно распространяется вниз, до земной поверхности. Поземный туман простирается на сравнительно небольшой высоте над почвой (это метры и десятки метров) и является результатом ночного радиационного выхолаживания поверхности почвы. Образованию такого тумана способствует и рельеф местности – низины, близость болот и др. Летом быстрый прогрев подстилающей поверхности обычно приводит к рассеянию радиационного тумана через 1-2 часа после восхода солнца. Осенью туман может сохраняться в течение 3-5 часов после восхода. Зимой же, когда дневной прогрев над снежной поверхностью невелик, возникший туман может сохраняться в течение всего дня, если не произойдет смены синоптической обстановки.

2. Адвективные туманы (рис. 2.22) возникают вследствие горизонтального переноса воздушных масс с теплой подстилающей поверхности (например, с моря) на холодную. Видимость в адвективных туманах охлаждения может быть от нескольких десятков до нескольких метров. Имея большую высоту над уровнем моря, такой туман усложняет навигацию, закрывая обзор, сигнальные огни и другие ориентиры.



Рис. 2.22. Адвективный туман

3. Адвентивные туманы (рис. 2.23), невысокие, до нескольких метров, клубящиеся, возникают в теплой воздушной массе, перемещающейся на более холодную подстилающую поверхность, либо при движении холодного воздуха над теплой поверхностью при соприкосновении с ней в результате не адиабатического охлаждения воздуха. Встречаются при вторжении холодных масс арктического воздуха на незамерзающие моря в холодное время года. Обычно при такой обстановке наблюдается мощная инверсия (до 1-1,5 км) и туман, образуясь у земной поверхности, распространяется вверх и часто сливается со слоистой облачностью. Возникает в любое время суток. Дли-

тельность – до нескольких суток. Сопровождается умеренными, а иногда сильными ветрами (до 15-18 м/с), занимает большие площади и практически не имеет суточного хода изменения видимости. Иногда при совместном действии адвекции и выхолаживания образуются адвективно-радиационные туманы с характерными чертами двух, рассмотренных выше, видов туманов.



Рис. 2.23. Адвективный туман

Выделяют группу *туманов восхождения* (склонов), которые образуются при адиабатическом охлаждении воздуха, поднимающегося вдоль склонов возвышенностей и гор. Таков же механизм развития фронтальных облачных систем при восхождении теплого воздуха по клину холодного (рис. 2.24).

К классу внутримассовых относятся также и туманы испарения, возникающие вследствие притока водяного пара за счет испарения влаги с водяной поверхности в более холодный воздух (над водоемами). При этом испаряющая поверхность должна быть значительно теплее воздуха. Различают две разновидности туманов испарения (рис. 2.25):



Рис. 2.24. Туман восхождения

Морские туманы – зимой над незамерзающим водным пространством при низкой температуре воздуха.

Осенние туманы над реками и озерами. Осенью, когда поверхность воды значительно теплее суши, при вторжении холодного воздуха интенсивное испарение вызывает образование этой разновидности тумана. Эти туманы обычно имеют небольшие размеры и с прогревом воздуха исчезают.

К фронтальным туманам относятся туманы: перед фронтом (предфронтальный), при прохождении фронта (в зоне фронта) и за фронтом (зафронтальный). Они перемещаются вместе с линией фронта. Фронтальные туманы образуются за счет увлажнения воздуха выпадающими осадками, падения давления и смещения теплого и холодного воздуха в зоне фронта. Часто в средних широтах фронтальные туманы – это снизившиеся до земли фронтальные облака. Фронтальные туманы бывают редко. Чаще это низкие слоисто-дождевые облака, опускающиеся до земли. Наиболее часто фронтальные



Рис. 2.25. Туманы испарения над рекой (слева) и морем (справа)

туманы связаны с теплым фронтом. Как правило, они имеют очень сильную интенсивность и занимают большие площади. Продолжительность зависит от скорости ветра (рис 2.26).

Туман такого типа обычно наблюдают в виде низкого облака, которое иногда опускается до уровня моря. Главная его опасность заключается в том, что на некоторой высоте держится дымка, поэтому световые огни и другие заметные ориентиры могут быть заслонены, а вокруг ВС воздух абсолютно чист. Природа подобного тумана такова, что он держится в виде тонкого пояса вдоль теплого фронта.

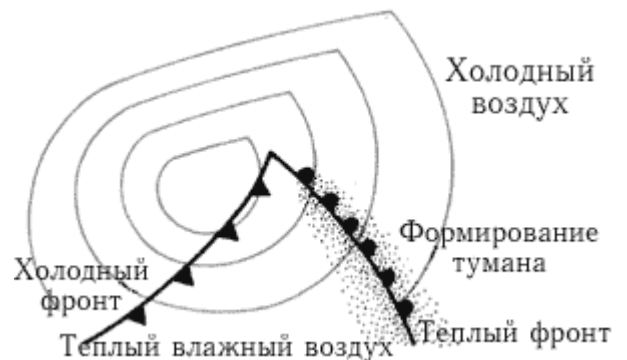


Рис. 2.26 Фронтальный туман образуется при встрече теплого влажного воздуха с холодным

При выполнении визуальных полетов важную роль для установления положения ВС в пространстве, а также для определения возможности посадки играет наклонная дальность видимости. Летчикам следует помнить, что если при адвективном и фронтальном тумане она оказывается достаточной для установления зрительного контакта выше уровня принятия решения, то в дальнейшем, по мере снижения самолета, в подавляющем большинстве случаев, видимость будет улучшаться. Если наблюдается радиационный туман и приземная дымка, то под большими углами земля просматривается относительно хорошо, а при снижении и переходе к визированию под углами, близкими к $2-3^\circ$ наземные ориентиры просматриваются плохо и могут даже стать невидимыми.

2.3.3.4. ОРНИТОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА. Наблюдения за птицами на аэродромах организуются в целях оперативного получения и доведения до руководства, диспетчерского и летного состава данных о фактической орнитологической обстановке в районе аэродрома. Наблюдения могут быть визуальными, аэровизуальными и радиолокационными.

К визуальным наблюдениям привлекаются дежурные расчеты метеостанций. Для каждого расчета устанавливается зона ответственности. Наблюдения производятся не реже, чем один раз в час с места, обеспечивающе-

го обзор всей зоны ответственности. При этом определяются:

- наличие птиц в поле зрения;
- характер поведения птиц (сидят, летят, вид, плотность стай);
- направление и высота полета птиц.

Результаты наблюдений заносятся в журнал и передаются в адреса, установленные инструкцией по организации и осуществлению орнитологического обеспечения на аэродроме. Существует также код для передачи данных при наблюдении за птицами. *Радиолокационный метод* позволяет наблюдать за птицами на значительной территории, в светлое и темное время суток, в простых и сложных метеоусловиях.

Для ликвидации условий, способствующих концентрации птиц на аэродроме, производят вырубку древесных насаждений, выжигание травяного покрова, ликвидацию гнезд самолетоопасных видов птиц. Кроме того, специалисты орнитологической службы контролируют утилизацию мусора, проводят дератизацию (уничтожение грызунов) летного поля, устанавливают светосигнальные и пиротехнические средства для отпугивания птиц.

В странах ИКАО в среднем за год происходит около 2500 инцидентов с птицами. Число столкновений военных самолетов и вертолетов с птицами еще больше, так как скорости их полетов выше и столкновения происходят не только на этапах взлета и посадки, но и при выполнении учебно-тренировочных полетов на малых высотах, где скопление птиц максимально. Каждое четвертое столкновение заканчивается серьезным повреждением двигателей, оперения, остекления кабины, винтов (рис. 2.27).

Авиационная орнитология – прикладная дисциплина, изучающая орнитологические условия, организацию орнитологического обеспечения авиации, мероприятия по предотвращению столкновений ВС с птицами и изменение экологических условий с целью уменьшения их численности в районах аэродромов. В России встречаются 802 вида птиц, из них 718 видов гнездятся на ее территории, а остальные 84 вида залетные. По местам обитания, отображаемым ПО (рис. 2.28), птиц можно условно разделить на несколько больших групп:

водоплавающие птицы, в том числе, морские: утки, гуси, лебеди, гагары, пеликаны, бакланы, чапки;

околоводные (птицы увлажненных мест): чайки, большинство видов куликов, журавли, цапли;

лесные птицы: воробьиные, тетеревиные, совы, совы, ястребы, дятлы;

степные и пустынные: журавли-красавки, дрофы, рябки и др.;

птицы культурного ландшафта: врановые, голуби, скворцы, ласточки.

Для каждой природной зоны характерны определенные виды птиц, но



Рис. 2.27. F-111 после столкновения с птицами

орнитологическая обстановка может значительно изменяться в течение года, когда их временно населяют пролетные и зимующие виды птиц, не гнездящиеся в данной местности. В годовом цикле активности птиц выделяют пять сезонов: зимний, весенний, раннелетний, позднелетний и осенний. Наиболее стабилен зимний период. Как правило, зимующие птицы наиболее активны днем, однако организованные перелеты в стаях совершают преимущественно в утренние и вечерние часы.

В населенных пунктах зимой являются обычными перелеты врановых, утром с мест ночлега на кормежку, вечером обратно. Если пути перелетов проходят вблизи или непосредственно через аэродромы, создается угрожающая орнитологическая обстановка для авиации (рис. 2.29). Наряду с полетами врановых зимой опасны вылеты голубей и массовые скопления воробьев.

Весенний период начинается с появлением на территории района базирования и полетов авиации передовых перелетных птиц и заканчивается по окончании весенней миграции. В центральной полосе это март, апрель и большую часть мая. Вследствие массовых миграционных перелетов и значительного увеличения поголовья птиц этот период является сложным для авиации.

Раннелетний период начинается с прилета в регион основной массы птиц и начала их гнездования, а заканчивается вскоре после массового вылета птенцов первой кладки. В центральных районах страны раннелетний период приходится на конец мая, июнь и большую часть июля. Раннелетний период, как и зимний, наиболее спокойный в авиационно-орнитологическом отношении. Птицы размещаются по местам гнездования, совершают местные полеты на кормежку на небольших высотах и на малые расстояния.

Позднелетний период приходится на июль-август. Он начинается с момента массового разлета окрепших птенцов и заканчивается началом осенних сезонных миграций. Этот период характеризуется быстрым увеличением интенсивности полетов птиц. Они собираются в группы, затем в стаи и в поис-

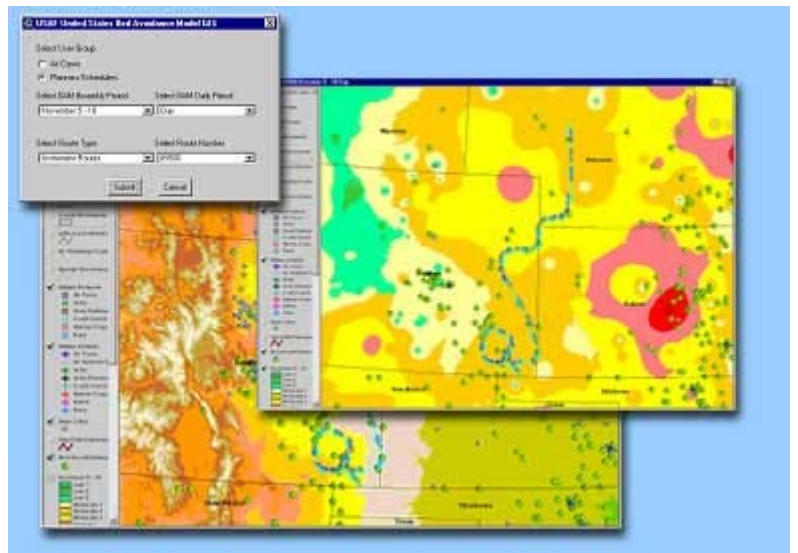


Рис. 2.28. Экранные формы для отображения мест обитания и скопления птиц



Рис. 2.29. Посадка ВС в опасной орнитологической обстановке

ках корма вылетают далеко за пределы гнездовой области. Молодые птицы из-за беспорядочного поведения и полетов наиболее опасны, так как возможны столкновения с ними ВС на аэродромах, особенно на высотах до 50 м.

Осенний период начинается с переходом послегнездовых кочевок птиц в сезонные осенние перелеты и заканчивается пролетом к югу последних мигрирующих птиц. В ряде районов страны он может затянуться на 3-3,5 месяца (например, с сентября до половины декабря). Являясь более продолжительным, осенний перелет птиц обычно выражен менее ярко, чем весенний.

Орнитологическая обстановка изменяется и в течение суток. Зимой в большинстве районов птицы ведут дневной образ жизни. Наибольшая активность полетов отмечается в утренние часы, когда птицы стаями совершают перелеты от мест ночлега к местам кормежки, а вечером за 1,5-2 часа до наступления темноты начинают стаями возвращаться к местам ночлега, и с наступлением темноты их полеты заканчиваются.

Обычная высота этих полетов составляет 20-50 м, максимальная не превышает 300 м. В период миграций птицы летят как днем, так и ночью, иногда наибольшей интенсивности миграция достигает вечером и в начале ночи, а также в утренние часы. В середине ночи миграция незначительна.

Большое практическое значение имеют данные о высотах полета птиц. Установлено, что высота полета птиц зависит от следующих факторов:

- видовая принадлежность птиц;
- географическое положение местности, ее рельеф;
- время суток, время года и период жизни птиц;
- погодные условия.

Наибольшее количество птиц летает в слое от земли до 100 м, выше их количество в воздухе быстро убывает. Только в период интенсивной миграции стаи крупных и средних птиц летят на высотах от 300 до 2000 м. На еще больших высотах в некоторых районах летят журавли, гуси, утки. Так например, по данным иностранной печати, столкновения самолетов с утками зафиксированы на высотах 4000 м и 6300 м.

Орнитологическая обстановка является важным фактором, оказывающим влияние на безопасность полетов.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы назначение и задачи авиационной метеорологии? Как организовано метеорологическое обеспечение авиации (раздел 2.1)?
2. Что такое метеорологические элементы, явления и условия? Какие явления называют опасными? Что такое стандартная атмосфера (раздел 2.1)?
3. Почему температуру воздуха измеряют в специальной будке (2.2)?
4. Почему облака на небе иногда движутся в разные стороны? Почему из одних облаков выпадает дождь, а из других нет (раздел 2.2)?
5. Какова высота циклонов и антициклонов (раздел 2.2)?
6. Что такое расчетные метеорологические характеристики (раздел 2.3)?
7. В чем сходство и различие понятий дымка, туман, облачность (2.3)?

3. СБОР И ОБРАБОТКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. ИСТОЧНИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1.1. СХЕМА СБОРА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ. Для решения задачи метеорологического обеспечения полетов в состав ПО АС УВД входит подсистема метеообеспечения, использующаяся единый для всей системы комплекс технических средств. Она предназначена для автоматизированного сбора, обработки, хранения и представления метеорологической информации на средствах отображения диспетчерских пультов РЦ. В состав подсистемы, помимо общего для АС УВД оборудования, входят метеорологические радиолокаторы с аппаратурой автоматической обработки радиолокационной метеоинформации, метеоканалы к трассовому радиолокационному комплексу ТРЛК-10, пульт метеорологической группы с индикатором воздушной обстановки и двумя вспомогательными индикаторами (рис. 3.1). Пульт установлен в помещении синоптической группы, обслуживающей РЦ.

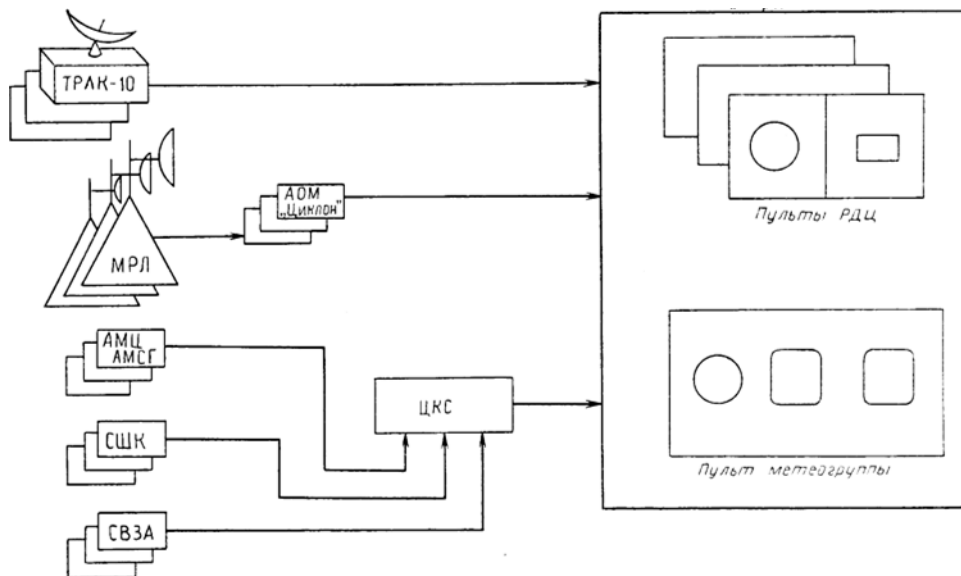


Рис 3.1.
Структурная
схема
метеоро-
логического
обеспечения
авто-
матизированной
системы
управления
воздушным
движением

Источниками информации для подсистемы являются (условные обозначения рис. 3.1) авиационные метеорологические станции (АМСГ), авиационные метеорологические центры (АМЦ), станции штормового кольца (СШК), станции температурно-ветрового зондирования атмосферы (СВЗА).

Метеорологические радиолокаторы устанавливаются так, чтобы воздушное пространство района ответственности РЦ с высоты 2000-3000 м было перекрыто радиолокационным полем МРЛ. Количество МРЛ определяется индивидуально для каждого района УВД. Информация от сети метеорологических станций поступает в центр управления по авиационной наземной сети передачи данных и телеграфной связи (АНС ПД и ТС) в виде формализованных сообщений. ПО АС УВД обобщает полученные данные и отображает персоналу в удобном для восприятия виде [5].

В вычислительный комплекс (ВК) поступают следующие данные:

- фактическая и прогнозируемая погода на аэродромам района ответственности РЦ и запасным аэродромам;
- значения ветра и температуры на высотам;

- прогноз ветра и температуры по трассам;
- радиолокационная информация от МРЛ о зонах опасных явлений;
- информация о зонах опасных явлений, поступающая по метеоканалу от трассового радиолокационного комплекса ТРЛК-10;
- информация о планируемом выпуске радиозондов и расчетных траекториях их перемещения.

Сроки поступления метеоинформации определяются Наставлением по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России [2] и другими нормативными документами Росгидромета и ГА. Метеорологические сообщения, направленные в адрес КААУ непосредственно или через центры коммутации сообщений (ЦКС на рис. 3.1), поступают в ВК системы. Комплекс технических средств приема данных обеспечивает автоматический прием и обработку поступающих сообщений, в результате которой:

осуществляется документирование всех поступающих сообщений с фиксацией времени поступления и преобразования кодов передачи;

поступающая метеоинформация разделяется по типам сообщений и подвергается форматно-логическому контролю для выявления ошибок;

ошибочные сообщения, поступившие в течение сеанса связи, накапливаются в информационных зонах и по окончании сеанса связи поступают для отображения на экран пульта метеоролога. После корректировки они повторно вводятся в ПО и используются в оперативной работе;

распознанная исходная метеоинформация подвергается дальнейшей обработке в ВК с помощью специальных программ;

сообщения преобразуются в вид, удобный для отображения, и записываются в базу метео данных системы, которая систематически обновляется по мере поступления новых сообщений;

по поступающим штормовым сообщениям формируется оповещение «ШТОРМ», которое отображается на экранах соответствующих секторов управления и руководителя полетов района.

Инженеру-синоптику принудительно отображаются мерцающие номера секторов, которым предназначаются штормовые оповещения. После доклада о приеме диспетчерами соответствующих секторов УВД штормовых сообщений и ознакомления с ними, мигание номеров секторов УВД, отображаемых метеорологической группе, прекращается.

Метеорологическое обеспечение РЦ осуществляется метеогруппой. Обработанные сообщения направляются ПО в очередь для отображения на ее пульте. Штормовая метеоинформация пользуется приоритетом в очереди на отображение. После утверждения метеоинформации синоптиком она используется для отображения по вызову диспетчерами. Для ввода, контроля, корректировки метеоинформации и взаимодействия метеогруппы с ВК АС УВД и диспетчерами РЦ в помещении метеогруппы установлен специальный пульт. В случае пропуска информации в период сеанса связи осуществляется ее перезапрос или старая информация продлевается на следующий срок.

Фактическая и прогнозируемая погода по аэродромам зоны ответственности РЦ и запасным, а также штормовые сообщения поступают по кана-

лам связи от АМЦ и АМСГ. Сообщения составлены в виде закодированных телеграмм с использованием действующих метеорологических кодов ФАП и АПП. Информация о ветре и температуре воздушного пространства района ответственности РЦ поступает в систему от станций зондирования атмосферы по каналам связи и отображается только на пульте метеорологической группы (рис. 3.2).

Прогноз ветра и температуры по трассам составляется инженером-синоптиком и вводится в ВК системы с пульта метеогруппы. На экранах диспетчеров она отображается по вызову. Информация о зонах опасных явлений, связанных с облачностью, поступает в систему от метеорологических радиолокаторов, а также по метеоканалу от трассового радара ТРЛК-10, оснащенного метеоприставкой. МРЛ выдает информацию об облачных полях и связанных с ними явлениях. Эта информация поступает в АОМ «Циклон» (рис. 3.1), которая позволяет существенно увеличить объем обрабатываемой информации, повысить точность обработки, сократить время, затрачиваемое на получение и обработку данных, обеспечить представление и рассылку обработанных данных по телеграфным линиям связи.

Информация о зонах облачности в виде контуров выдается на пульт метеоролога. После утверждения инженером-синоптиком она поступает в ВК системы и распределяется по рабочим местам диспетчеров. Диспетчеры извещаются о наличии штормовой информации с помощью метеорологического формуляра специального вида. При поступлении информации о контурах зон опасных явлений в систему надпись «ШТОРМ» начинает мигать. Диспетчер нажимает клавишу «ПРИНЯТ», тем самым посылая извещение инженеру-синоптику о принятии штормовой информации. Контуров зон опасных явлений на экране диспетчера отображаются по вызову.

В целях обеспечения безопасности полетов диспетчерам необходимо

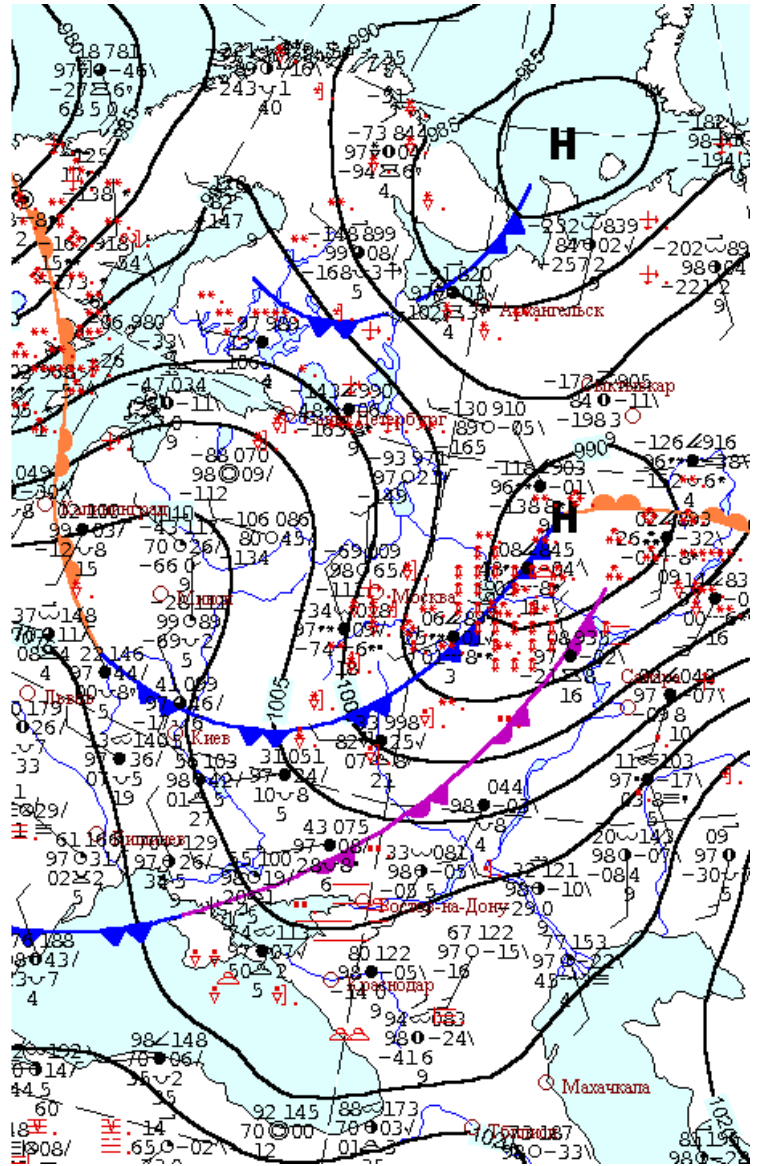


Рис. 3.2. Карта погоды на пульте метеогруппы (АРМ инженера-синоптика)

знать расчетные траектории перемещения радиозондов. О предполагаемом местоположении радиозонда в пространстве диспетчер информирует экипажи ВС, находящиеся у него на управлении. Для расчета траекторий радиозондов в систему вводятся подъемная скорость и время выпуска радиозонда, используется также прогноз ветра. Каждый пункт, осуществляющий выпуск радиозондов, имеет закрепленный за ним порядковый номер. Извещение о выпуске и траектории перемещения радиозондов руководитель полетов и диспетчеры получают автоматически из ВК системы или с пульта ПД-2. Правая часть метеоформуляра с надписью ШАР подсвечивается. Расчетные траектории перемещения радиозондов отображаются по вызову, нажатием клавиши «♀». Первая и последняя точки траектории снабжены формулярами, которые содержат следующую информацию:

первая точка траектории – номер пункта радиозондирования и расчетное время выпуска радиозонда;

последняя точка траектории – расчетные время и высота пролета радиозондом последней точки.

Для снятия с экрана информации о расчетных траекториях перемещения радиозондов необходимо повторно нажать клавишу прямых функций с символом «♀». Кроме того, ПО автоматически погасит траекторию по истечении времени пролета радиозондом конечной точки.

3.1.2. ОБРАБОТКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ. В соответствии с руководящими документами ГА [1,2], комплекс программ (КП) обработки метеорологической информации как составная часть ПО АС УВД должен принимать от абонентов системы, сортировать, обобщать и сохранять в базе данных (БД), обеспечивать отображение (принудительно и по запросам), а также предоставлять взаимодействующим КП следующие данные.

От регионального центра зональных прогнозов (РЦЗП) ПО принимает:

- глобальные цифровые данные, поступившие через узлы регулярной сети от всемирного центра зональных прогнозов (ВЦЗП);
- карты прогноза ветра и температуры на высотах для уровней 500, 400, 300, 250, 200 гПа и карты особых явлений погоды для слоев 700-400 и 400-150 гПа с данными о максимальном ветре и высоте тропопаузы.

От АМЦ и АМСГ:

- результаты измерений и наблюдений за метеорологическими условиями на аэродроме;
- прогнозы погоды и предупреждения по аэродрому, маршрутам и районам полетов, по приписным аэродромам;
- информация о вулканической деятельности, предшествующей извержению, вулканическом извержении или облаке вулканического пепла.

ГАМЦ и ЗАМЦ помимо функций АМСГ обеспечивают ПО АС УВД авиационными прогностическими картами погоды.

Формализация поступающих в ПО сообщений.

Наблюдения проводятся регулярно и по специальным событиям. Основной объем работы выполняют автоматические метеорологические стан-

ции (рис. 3.3). *Регулярные наблюдения* на аэродромах ведутся круглосуточно в период полетов через 30 мин (в сроки 00 и 30 мин каждого часа), при отсутствии полетов – через 1 час (в 00 каждого часа), а также в соответствии с указанием органа УВД. Сообщения о результатах регулярных наблюдений принимаются ПО в описанной ниже кодовой форме METAR. *Специальные наблюдения* проводятся по событиям ухудшения или улучшения погоды. Сводки о результатах составляются в последовательности, предусмотренной кодом выборочных сообщений о погоде для авиации (форма SPECI).

Содержание и формат сводок

- указатель типа сводки (METAR или SPECI) согласно требованиям метеорологических авиационных кодов;
- индекс аэродрома;
- срок наблюдения (время московское или МСВ – международное скоординированное время);
- направление и скорость ветра у поверхности земли;
- видимость и дальность видимости на ВПП (в случае необходимости);
- явления погоды (текущая погода);
- количество, форма и высота нижней границы облаков;
- температура воздуха и точки росы;
- атмосферное давление QNH (от уровня моря) и, в случае необходимости, QFE (на высоте аэродрома);
- явления предшествующей погоды (Rw'w') не более трех лексических групп и сдвиг ветра в нижних слоях;
- прогноз для посадки ВС типа «ТРЕНД» (значительные изменения приземного ветра, видимости, облачности и явлений погоды);
- дополнительные данные «RMK» о явлениях погоды, имеющих оперативное значение, о местонахождении кучево-дождевых облаков или угрозы турбулентности, обледенении, коэффициенте сцепления, форме облачности, закрытии облаками гор, сопков и других высоких препятствий, любая другая дополнительная информация, которую можно использовать внутри страны. Для международного распространения часть сообщения, отмеченная «RMK», отсекается средст-

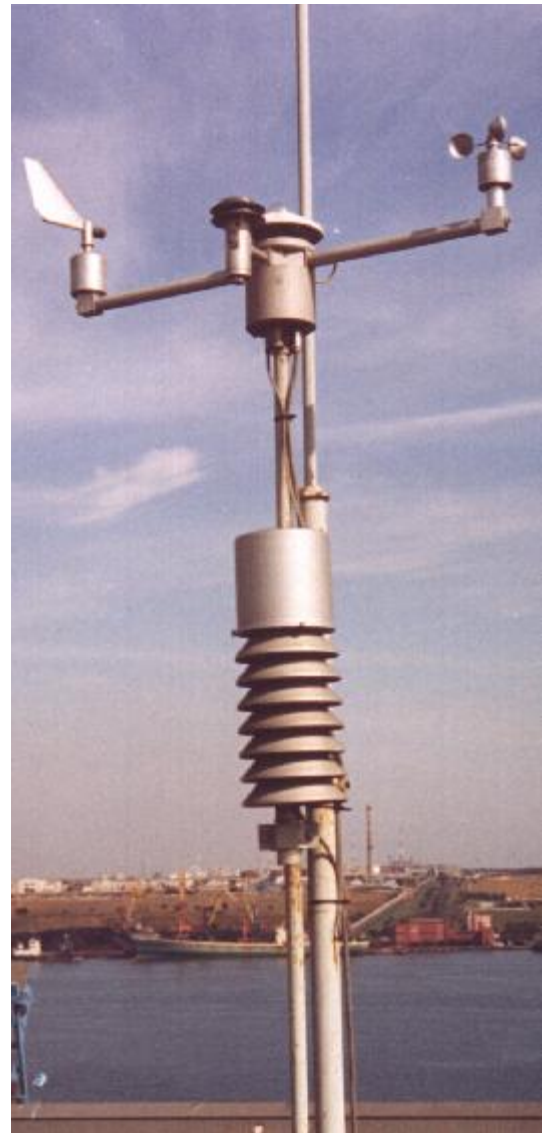


Рис. 3.3. Автоматические метеостанции производят сбор и обработку данных об основных параметрах атмосферы, формируют и передают сообщения в центр УВД

вами ПО.

Пример 1. Регулярная сводка

METAR UUWW 151400Z 11002MPS 0500 R24/1200U + SN VV002
00/M00 Q0994 TEMPO 1000 SN

Содержание (расшифровка и чтение) сводки:

Регулярная сводка на 14.00 МСВ 15 (числа месяца) по аэродрому Внуково. Направление приземного ветра 110 градусов, скорость ветра 02 м/с, видимость 500 м, дальность видимости на ВПП в зоне приземления для ВПП с курсом посадки 240 градусов составляет 1200 м и за прошедшие 10 мин видимость улучшалась; сильный снег, вертикальная видимость 60 м, температура 00 градусов Цельсия, точка росы минус 00 градусов Цельсия; QNH 994 гектопаскалей; в течение следующих 2-х часов временами видимость 1000, умеренный снег.

Пример 2. Регулярная сводка

METAR UUWW 101800Z 22005MPS 3000 BRFZDZ OVC008 M08/M09
Q1014 TEMPO FM 1830 0800 FG

Содержание (расшифровка и чтение) сводки:

Регулярная сводка на 18.00 МСВ 10 (числа месяца) на аэродроме Внуково. Направление ветра 220 градусов, скорость 5 м/с, видимость 3000 м, дымка, переохлажденная морось, облачность сплошная – 8/8 октантов 240 м, температура минус 08 градусов Цельсия, точка росы минус 09 градусов Цельсия, QNH 1014 гектопаскалей, временами с 18.30 видимость 800, туман.

Пример 3. Выборочная специальная сводка

SPECI UUWW 101100Z 05012G18MPS 2500+TSRA BKN005CB

Содержание (расшифровка и чтение) сводки:

Выборочная сводка на 11.00 МСВ 10 (числа месяца) по аэродрому Внуково. Направление приземного ветра 50 градусов; скорость ветра 12 м/с с порывами до 18 м/с; видимость 2500 м, сильная гроза, дождь, значительная кучево-дождевая облачность – от 5/8 до 7/8 окт на высоте 150 м.

3.1.3. ВИДЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. *Наблюдения за ветром у поверхности земли.* Наблюдения за приземным ветром должны давать, насколько это практически возможно, полное представление о ветре, с которым ВС столкнется в ходе набора высоты и посадки. Информация о приземном ветре для взлета и посадки должна быть представительной для условий на высоте 6-10 м над ВПП. Репрезентативность наблюдений за приземным ветром следует обеспечивать за счет использования датчиков, расположенных соответствующим образом с учетом местных особенностей.

На аэродромах, где из-за местных условий наблюдаются значительные различия в ветре на различных участках ВПП, устанавливаются дополнительные датчики ветра. При этом в регулярные и специальные сводки включаются данные о ветре, полученные из точки, где скорость ветра больше. В сводки для посадки включаются данные, полученные от датчика, расположенного ближе к зоне приземления, а в сводки для взлета – к зоне отрыва.

Результаты измерений от всех индикаторов ветра, связанных датчиками, обобщаются средствами ПО и отображаются диспетчерам старта, посад-

ки и командно-диспетчерскому пункту местных воздушных линий (КДП МВЛ). Период осреднения для наблюдений за ветром составляет:

- 2 минуты для сводок, используемых на аэродроме для взлета и посадки, а также для индикаторов ветра в местах расположения органов УВД;
- 10 минут для сводок, распространяемых за пределами аэродрома.

На аэродромах, где магнитное склонение составляет пять и более градусов, в отсчеты направления ветра средствами ПО вводится поправка. При положительном магнитном склонении его значение вычитается из отчета направления, при отрицательном – прибавляется. Полученное значение указывается тремя цифрами с округлением до ближайших десяти градусов. Например, 84° указывается как 080, 297° – как 300, 83° – как 080, 295° – как 300. В сводках, распространяемых за пределы аэродрома, направление ветра передается без поправки на магнитное склонение. Скорость ветра указывается в метрах в секунду. Максимальная скорость ветра (порывы) указывается дополнительно к средней только тогда, когда отклонение от средней скорости составляет 5 м/с или более. При скорости ветра менее 0,5 м/с в сводках, передаваемых открытым текстом, используется термин «тихо» (CALM).

В сводках для взлета при легком переменном ветре со скоростью 2 м/с и менее указывают две экстремальные величины направления в градусах, в пределах которых наблюдалось изменение ветра, например, «неустойчивый от 050° до $350^\circ/2$ метра в секунду». Если не представляется возможным указать среднее направление ветра, например, при слабом ветре (2 м/с и менее) или более высоких скоростях ветра, например, при прохождении грозы над аэродромом, переменное направление ветра указывают с помощью термина «неустойчивый» (VRB) без указания направления, например, «неустойчивый 2 метра в секунду». В сводках, распространяемых за пределы аэродрома, указывают отклонение от среднего направления ветра, если суммарное отклонение составляет 60° или более при средней скорости ветра 2 м/с и более.

Наблюдения за видимостью проводятся с использованием инструментальных средств или установленных или подобранных дневных и ночных ориентиров видимости, до которых известно расстояние. Схемы ориентиров видимости подготавливаются аэродромным метеорологическим органом совместно с аэродромной службой и согласовываются с органом УВД.

На аэродромах, где невозможно установить или подобрать ориентиры для визуальных наблюдений за видимостью, могут использоваться нефелометрические установки (сравнение яркости света, рассеянного воздухом назад к источнику, с эталонной яркостью), бинокли и другие средства.

На аэродромах, не оборудованных системами посадки, наблюдения за видимостью производятся в нескольких направлениях. В сводку включается значение, определенное в направлении рабочего старта ВПП. Наименьшее значение передается диспетчерам службы движения и дежурному синоптику (с указанием направления). На аэродромах, оборудованных системами посадки, наблюдения за видимостью производятся вдоль ВПП.

Инструментальные наблюдения за видимостью производятся при ее значениях 2000 м и менее (по прибору). Если хотя бы один из посадочных

минимумов аэродрома по дальности видимости на ВПП превышает 2000 м, инструментальные наблюдения производятся до максимального значения видимости, соответствующего используемому типу прибора. В этом случае значение видимости, при котором осуществляется переход от инструментальных к визуальным наблюдениям, определяется Инструкцией по метеорологическому обеспечению полетов на данном аэродроме.

При инструментальных наблюдениях в сводки включается:

при длине ВПП 2000 м и менее – меньшее из двух значений видимости, измеренной у обоих концов ВПП;

при длине ВПП более 2000 м – меньшее из двух значений видимости, измеренной у рабочего старта и середины ВПП.

Определение дальности видимости на ВПП

Информация о видимости и дальности видимости на ВПП передается в сводках погоды в соответствии с табл. 3.1 (сокращения: регистратор дальности видимости – РДВ, фотометр импульсный – ФИ, светотехнические огни высокой интенсивности – ОВИ, огни малой интенсивности – ОМИ).

Таблица 3.1

Используемое оборудование	В метеорологических сводках сообщается		
	день	сумерки	ночь
РДВ/ФИ, ОВИ или ОМИ	Видимость по прибору и ОВИ	Видимость по прибору и видимость ОВИ	Видимость по прибору и видимость ОВИ/ОМИ
Щиты-ориентиры, ОВИ или ОМИ	Видимость по щитам и видимость ОВИ	Видимость по щитам или световым ориентирам (что дальше видно) и видимость ОВИ	Видимость по световому ориентиру и видимость ОВИ/ОМИ
РДВ/ФИ; ОВИ или ОМИ не используются	Видимость по прибору	Видимость по прибору	Видимость по прибору и видимость светового ориентира по таблице
Щиты-ориентиры	Видимость по щитам	По щитам или световым ориентирам	Видимость по световому ориентиру

Наблюдение за явлениями текущей погоды

Данные наблюдений за текущей погодой отражают условия на аэродромах и трассах. В сводки включается направление, в котором наблюдается гроза и направление ее перемещения (в румбах). По промежутку времени между разрядом молнии и последующим громом оценивается расстояние. Если промежуток более 10 сек (расстояние более 3 км), гроза оценивается, как «отдаленная», менее 10 сек – как «гроза над аэродромом», например:

- 09.05. отдаленная гроза на северо-востоке, смещается на юго-запад.
- 18.20. гроза с градом над аэродромом.

В сводки наблюдений за текущей погодой включают данные табл. 3.2.

Таблица 3.2

Определитель качества		Метеорологические явления		
Интенсивность или близость	Дескриптор	Осадки, ухудшающие видимость	Явления	Прочее
Light Слабый	MI Shallow Тонкий (низкий - менее 2м над уровнем земли)	DZ Drizzle Морось	BR Mist Дымка	PO Well-developed dust sand whirls Четко выраженные пыльные (песчаные) вихри
Moderate (no qualifier) Умеренный (не указывать)	BC Patches Обрывки, клочья, гряды (покрывающие местами аэродром)	RA Rain Дождь	FG Fog Туман	SQ Squalls Шквалы
-	DR Low drifting Поземок	SN Snow Снег	FU Smoke Дым	-
Heavy Четко выраженные пылевые (песчаные) вихри, бури и смерчи	BL Blowing Низовая метель	SG Snow grains Снежные зерна	VA Volcanic ash Вулканический пепел	FC Funnel clo (tornado or water spout) Воронкообразное облако, смерчи (торнадо или водяной смерч)
VC Вблизи, в пределах 8 км от периметра аэродрома	SH Shower Ливень (и)	IC Ледяные иглы (алмазная пыль)	DU Wide spread dust Пыль (обложная)	SS Sandstorm Песчаная буря
-	TS Thunderstorm Гроза	PE Ice pellets Ледяная крупа	SA Sand Песок пыльная буря	DS Dusts Пыльная буря
-	FZ Supercooled Замерзающие (переохлажденные)	GR Hail Град	HZ Haze Мгла	-

Данные наблюдений за облачностью включают сведения о количестве, форме и высоте нижней границы облаков, получаемой инструментальным или визуальным способами (рис. 3.4). Количество облачности в сводках указывается в октантах (восьмых частях небосвода). В международной практике применяют следующие коды: CAVOK – хорошо, FEW – незначительно, SKC – ясно, SCT – рассеянные (разбросанные облака), BKN – разорванные (значительные облака), OVC – сплошная облачность. В кодовой форме количество облаков передается с использованием сокращений FEW (1-2 октанта), SCT (3-4 окт.), BKN (5-7 окт.), OVC (8 окт.). В случаях, когда наблюдается несколько слоев облаков или отдельные массивы облачности, количество и высоту нижней границы облаков указывают в следующем порядке (рис. 3.5):



Рис. 3.4. Визуальное определение облачности. Синее небо – 0 баллов, затянуто тучами – 10 баллов. На рисунке представлено 3 балла.

ШИФР ОБЛАКОВ					
	С ₁	С ₂	С ₃	С ₄	С ₅
0	ОБЛА	КА	ОТ	СУТСТВ	ВЮТ
1	CU	AC	CU	ST	—
2	CC	AS	CB	SC	NS
3	CS	—	—	—	FRNB
4	CU,CC	AC,AS	CU,CB	SC,ST	—
5	CU,CS	—	—	—	—
6	CC,CS	—	—	—	NS,FRNB
7	CU,CC,CS	—	—	—	—

Рис. 3.5. Международный код облаков (фото из помещения метеогруппы АС УВД)

- самый низкий слой или массив, независимо от количества облаков, указывается как FEW, SCT, BKN или OVC;

- следующий слой или массив, покрывающий более 2/8 небосвода, указывается как SCT, BKN или OVC;

- следующий более высокий слой или массив, покрывающий более 4/8 небосвода, указывается соответственно как BKN или OVC;

- кучево-дождевые (мощные кучевые) облака – сокращения CB и TCU.

Службам УВД высота облачности передается кратной 10 м. При тумане или других явлениях, когда нижнюю границу облаков определить невозможно, результаты инструментальных измерений указываются в сводках как вертикальная видимость «VERVIS». При определении высоты облаков в точке, расположенной выше или ниже порога ВПП более чем на 10 м, в измеренное значение средствами ПО вводится поправка на разность высот. На аэродромах, где из-за местных особенностей между ближним приводным радиомаяком и ВПП возникает низкая облачность, данные о высоте, сообщаемые экипажами воздушных судов, включаются в сводки во всех случаях, когда эта высота ниже значений, полученных с помощью наземных наблюдений.

Наблюдения за температурой воздуха и температурой точки росы

Наблюдения за температурой и влажностью воздуха отражают условия, характерные для ВПП и округляются в сводках до ближайших более высоких значений целых градусах Цельсия, при этом влажность воздуха оценивается путем определения температуры точки росы. Округленным целым величинам градусов температуры воздуха (обозначается символом «Т») и точки росы (обозначается символами «ТР») в диапазоне от -9°C до $+9^{\circ}\text{C}$ предшествует «0». При указании температуры ниже 0°C перед значением температуры ставится символ «М», например, «Т 03 ТР М 01».

Наблюдения за атмосферным давлением

Атмосферное давление измеряется, а величины QNH и/или QFE – вычисляются с точностью до десятых долей гектопаскаля (гПа) или миллиметров ртутного столба (мм. рт. ст.). Если барометр установлен на уровне 2 м и выше (ниже) порога ВПП, в измеренное значение вводится поправка на разность высот. В сводки, распространяемые на аэродроме, включается давление QFE (в мм. рт. ст.), а в случае необходимости, информация о QNH в гектопаскалях с округлением в меньшую сторону до ближайшего целого гектопаскаля. В сводки, распространяемые за пределами аэродрома, включают информацию о QNE (давление, приведенное к среднему уровню моря для стандартной атмосферы), которую также округляют в меньшую сторону.

Наблюдения за явлениями предшествующей погоды

Аэродромные метеорологические наблюдения предусматривают включение в сводку (группа Rew'w') сведений о перечисленных ниже явлениях погоды, возникших в период после последней выпущенной регулярной сводки или в истекший час, но не в момент наблюдения:

- замерзающие (переохлажденные) осадки;
- умеренные или сильные осадки (включая ливни);
- умеренная или сильная общая метель;
- пыльная буря, песчаная буря;
- гроза;
- воронкообразное облако (торнадо или смерч);
- вулканический пепел.

В сводки, рассылаемые за пределы аэродрома, включают сведения о недавних явлениях погоды (Rew'w'), влияющих на производство полетов, а также сведения, которые отмечались на аэродроме после последней выпущенной регулярной сводки. Например, информацию о недавнем переохлажденном дожде указывают как «REFZRA», информацию о сдвиге ветра – в форме «WS RWY 12» (ВПП 12) или «WS ALL RWY» (все ВПП).

Наблюдения за вулканической деятельностью

Информация о проявлении вулканической деятельности, предшествующей извержению, вулканических извержений и появлению облака вулканического пепла сообщаются соответствующему органу ОВД (РЦ и ЗЦ ОВД), а также взаимодействующим органам метеорологического слежения. Сообщение о вулканической деятельности включает:

- заголовок сводки о вулканической деятельности (VOLCANIC ACTIVITY REPORT);

- индекс местоположения или название станции;
- дата/время сообщения;
- градусы и минуты широты и долготы и название вулкана;
- краткое описание явления, включающее уровень интенсивности вулканической деятельности, факт извержения, его дату и время, присутствие облака вулканического пепла в данном районе, направление движения вулканического облака и его высоту.

ОБРАЗЕЦ СВОДКИ О ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
VOLCANIC ACTIVITY REPORT UHPP 101500 KLUCHI VOLCANO 5610
16210E ERUPTED 101430 LARGE ASH CLOUD EXTENDING TO APPROX
3000 M MOVING SW

Содержание (расшифровка и чтение) сводки:

Сводка о вулканической деятельности, переданная метеоцентром Петропавловск-Камчатский 10 мая в 15.00 МСВ, что 10 мая в 14.30 МСВ вулкан Ключи, имеющий координаты $56^{\circ} 10'$ северной широты и $162^{\circ} 10'$ восточной долготы, выбросил большое облако пепла, которое достигает высоты около 3000 метров и движется в юго-западном направлении.

3.2. СБОР РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.2.1. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАТОРЫ. Источниками радиолокационной информации об облаках и связанных с ними опасных явлениях служат метеорологические радиолокаторы МРЛ-5 и метеоканалы к трассовым радиолокаторам с аппаратурой автоматической обработки метеоинформации. МРЛ-5 (рис. 3.6) предназначен для измерения параметров облаков, гроз, градовых очагов. Результаты используют для штормового оповещения, краткосрочного прогноза погоды и обслуживания установок активного воздействия на градовые очаги. Два канала МРЛ-5 работают в двух диапазонах волн: трехсантиметровом (I канал) и десятисантиметровом (II канал). В континентальных районах эффективна волна 3.2 см, в морских и тропических – 10 см.



Рис. 3.6. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5.
Слева – внешний вид, справа – пульт технического контроля

МРЛ-5 обеспечивает решение следующих задач:

- обнаружение и определение местоположения очагов гроз и ливней в радиусе до 300 км;
- определение горизонтальной и вертикальной протяженностей метеорологических образований;
- обнаружение диэлектрических неоднородностей атмосферы;
- определение верхней границы облаков любых форм и их нижней границы (при отсутствии выпадающих из них осадков);
- обнаружение градовых очагов в облаках и измерение их характеристик и координат;
- вычисление координат для средств противогололедной защиты.

Основные технические характеристики МРЛ-5:

Режимы обзора:

- режим автоматического кругового обзора от 0 до 360° с регулируемой скоростью 0-6 мин⁻¹ для обнаружения очагов гроз, ливней и града;
- режим автоматического вертикального сканирования от -1° до +95° по углу места с регулируемым периодом от 24° до 72° для получения данных о вертикальном строении грозовых и градовых очагов на любом азимуте;
- режим ручного доворота антенны по азимуту и углу места для точного наведения антенны на границы облаков и градовых очагов;
- программный режим двух видов: автоматический круговой обзор со ступенчатым изменением угла места через 0.5°, 1°, 1.5° и автоматическое вертикальное сканирование со ступенчатым изменением азимута для получения информации об опасных явлениях погоды при работе МРЛ-5 с аппаратурой автоматической обработки метеорологической информации;
- секторный режим обзора по азимуту и углу места в пределах 45°.

Дальность действия МРЛ-5:

- в режиме обнаружения интенсивных гроз и ливней до 300 км (на индикаторе кругового обзора – ИКО);
- в режиме определения границ облачных слоев по высоте до 20 км (на индикаторе дальности-высоты – ИДВ).

Определяемые координаты:

- азимут (в географических и артиллерийских единицах);
- угол места (в географических единицах);
- наклонная дальность, горизонтальная дальность и высота.

Точность индикации углового положения антенны 0,1°.

Длина волны: 3,2 см (I канал) и 10 см (II канал).

Ширина диаграммы направленности антенны:

- по I каналу 0,5° в режиме штормового оповещения и 1,5° в режиме обслуживания градозащиты;
- по II каналу 1,5°.

Дальность коррекции сигналов на квадрат расстояния:

- от 10 до 100 км при частоте повторения 500 Гц;
- от 30 до 300 км при частоте повторения 250 Гц.

3.2.2. СОПРЯЖЕНИЕ РАДИОЛОКАТОРОВ с аппаратурой автоматической обработки радиолокационной метеорологической информации (АОМ) «Циклон» позволяет осуществлять в реальном масштабе времени обработку видеосигналов для каждой ячейки воздушного пространства 30x30 или 15x15 км. Период обновления информации составляет не более 15 мин. Основные технические характеристики АОМ «Циклон» сведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Режим горизонтального разреза	
Масштаб работы, км	300, 150 или 50
Количество квадратов в зоне обзора при любом масштабе	около 300
Размер элементарного квадрата, км ² при масштабе 300 км	30x30
Размер элементарного квадрата, км ² при масштабе 150 км	15x15
Количество слоев высоты в каждом квадрате	5
Толщина слоя высоты, км	2 или 3
Дискретность квантования интенсивности эхо-сигналов	от 4 до 70 через 6
Коррекция видеосигналов на расстоянии от 20 до 300 км	±3
Интервал интегрирования эхо-сигналов по дальности, км	1
Установка штормовой ситуации по интенсивности, дБ	от 5 до 15
Установка штормовой ситуации по высоте, км	от 5 до 10
Режим вертикального разреза:	
Масштаб работы, км	300
Количество квадратов в зоне обзора	600
Дискретность квантования высоты облачности, км	от 0 до 16
Размер элементарного квадрата, км ²	3 x 1

На аэродромах и станциях, оборудованных МРЛ, проводятся наблюдения за пространственным распределением облачных образований, зон осадков, их перемещением и эволюцией. В период полетов наблюдения с помощью МРЛ проводятся еже часно, в остальное время – через три часа. При обнаружении в районе аэродрома конвективных явлений, т.е. очагов с грозоопасными кучево-дождевыми облаками или интенсивными ливневыми осадками, шквалами, наблюдения в радиусе 100 км проводятся через 30 мин.

Результаты еже часных наблюдений оформляются средствами ПО в виде карт радиолокационной обстановки, а положение очагов уточняется по результатам наблюдений, проводимых между еже часными сроками. Информация передается дежурному синоптику, который рассылает ее диспетчерам УВД. При наличии очагов в радиусе 100 км от аэродрома информация об их положении включается в передачи ATIS или радиовещательные передачи, не относящиеся к типу VOLMET. Включаются следующие сведения:

- характер очага;
- местоположение центра очага относительно контрольной точки аэродрома (КТА): азимут и удаление;
- направление перемещения очага в румбах и скорость в км/ч.

При наличии нескольких очагов с разрывами между ними менее 50 км, диаметре одиночного очага более 20 км или угловых размерах более 10° ука-

зывается граница зоны очага (очагов) в координатах азимута (по часовой стрелке) и расстояний по точкам, выбранным вдоль границы очага или зоны очагов. На аэродромах, не оборудованных МРЛ, для получения метеорологической радиолокационной информации используются:

- выносные индикаторы аэродромных радиолокаторов, устанавливаемые в помещении аэродромного метеорологического органа;
- МРЛ, используемые другими метеорологическими органами на удалении до 50 км от аэродрома.

3.2.3. АНАЛИЗ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. Данные метеорологических радиолокационных наблюдений предупреждают о появлении конвективных явлений в атмосфере с заблаговременностью до 12 часов. Для распознавания опасных явлений в составе ПО предусмотрены однозначные и комплексные критерии. К однозначным критериям относится величина $\lg Z$ [дБ] отражаемости в кучево-дождевом облаке, которая определяет вероятностные характеристики образования осадков и восходящих потоков. Другим однозначным критерием служит максимальная высота H_{\max} [км] радиоэха явления. В процессе развития конвективное облако достигает стадии начала оледенения его вершины. С этого момента создаются условия для интенсивного разделения электрических зарядов. Возникновение гроз и града происходит после превышения радиоэхом кучево-дождевого облака известного уровня изотермы -22°C . При этом интенсивность явления зависит от мощности переохлажденной части облака.

Комплексные критерии рассчитываются по нескольким радиолокационным параметрам облака. Критерий грозоопасности Y определяется как

$$Y = H_{\max} \lg Z_3.$$

Ежедневно, а при резкой смене погоды в темпе событий, ПО корректирует критерий Y по высоте изотермы -22°C : $Y_{\text{кр}} = H_{-22^{\circ}\text{C}} \lg Z_{\min}$. Здесь $\lg Z_{\min}$ – известное минимальное значение $\lg Z_3$ в грозах. В области $Y < Y_{\text{кр}}$ фиксируется ливень. Выявить границу между грозами и ливнями ПО может путем построения дискриминантной функции u , пример которой приведен на рис. 3.7. Значения вычисляются по эмпирической формуле $u(H_{\max}, \lg Z_3, H_{-22^{\circ}\text{C}}) = 0,0548 H_{\max} + 0,325 \lg Z_3 + 0,08 H_{-22^{\circ}\text{C}} - 1,23$. При $u < 0$ фиксируются грозы, а при $u > 0$ ливни. Шквалистых усиления ветра (более 15 м/сек) следует ожидать в очагах грозы и града при максимальной высоте радиоэха облака более 8 км и значении максимальной отражаемости в любой его части более 40 [дБ].

Надежным критерием обнаружения опасных явлений погоды признана вертикально проинтегрированная водность M^* . Этот критерий через отражаемость и высоту радиоэха облачности позволяет оценить массу воды на единицу площади по всей вертикальной протяженности кучево-дождевого облака. Вычисленные значения M^* позволяют судить о виде явления, поскольку отражаемость для ливней, грозовых облаков и града различна.

В левой части рис. 3.7 приведены распределения уточненных радиолокационных критериев H_{\max} , средней отражаемости в конвективном облаке на высоте 3-6 км Z_{\max} , $\lg Z_3$, Y и M^* в радиусе 100 км от МРЛ.

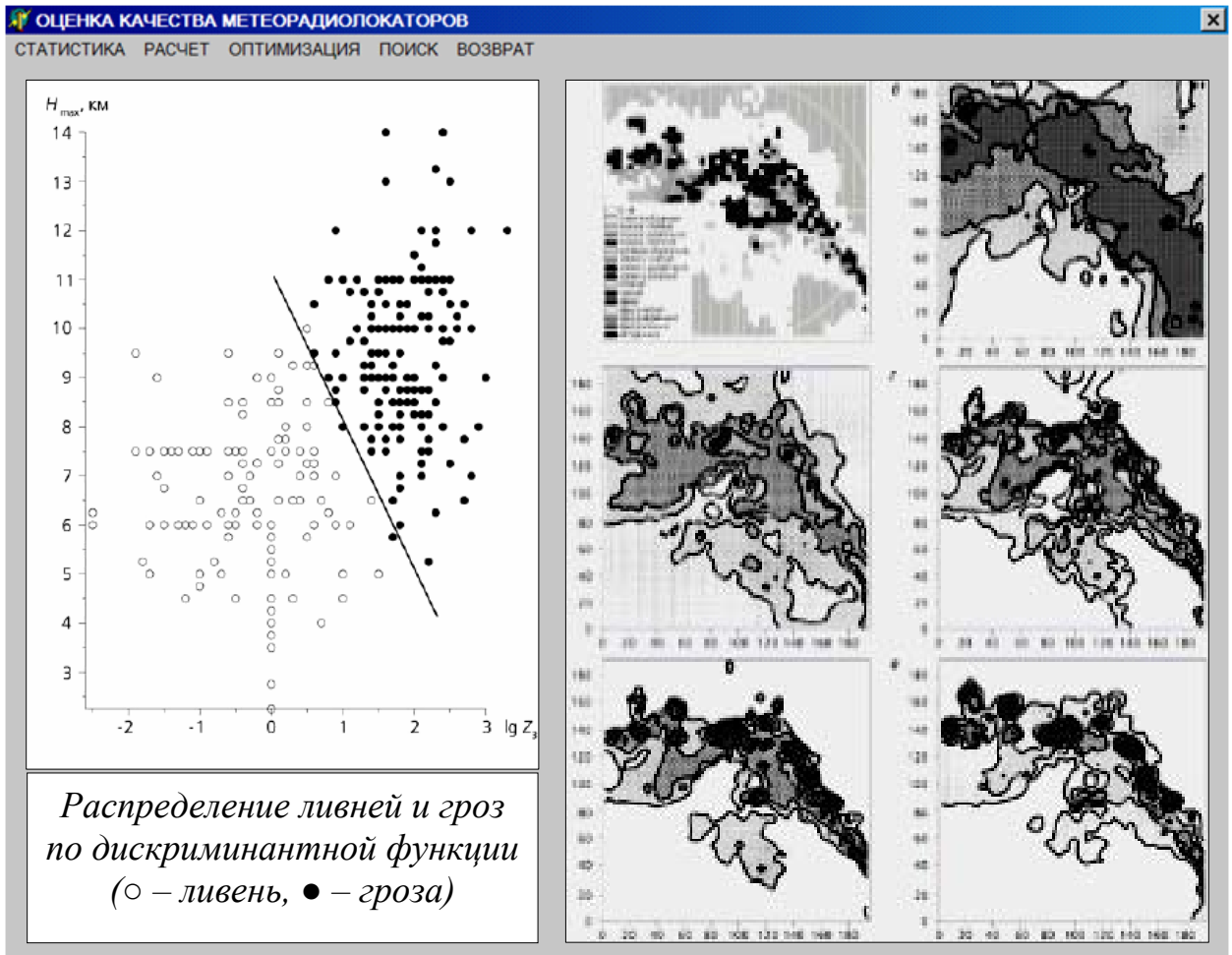


Рис. 3.7. Экранные формы отображения расчетных критериев для МРЛ

В правой части экранной формы представлены радиолокационные характеристики облачности и опасных явлений погоды по результатам наблюдений, расположенные в порядке слева направо сверху вниз. Это карта метеонаблюдений МРЛ и высота радиоэха облака H_{\max} , далее отражаемость Z_{\max} , отражаемость в грозе $\lg Z_3$, критерий грозоопасности Y и вертикально проинтегрированная водность M^* . Все используемые радиолокационные параметры довольно точно повторяют контуры облачности на карте метеоявлений, показывая максимальные значения каждой характеристики в зоне града и грозы, минимальные – в зоне облаков среднего (высота 2-6 км) и верхнего (более 6 км) ярусов. Следовательно, диагноз грозы и града предпочтительно проводить по радиолокационным критериям Z_{\max} , $\lg Z_3$, Y и M^* , так как они позволяют выделять опасные явления погоды с наименьшей погрешностью.

При диагнозе ливневых осадков необходимо помнить, что максимальная отражаемость в ливнях отмечается вблизи изотермы 0°C и часто наблюдается у поверхности земли, что связано с выпадением осадков, поэтому критерий Z_{\max} не дает возможности безошибочно распознать ливень. Согласно проведенному анализу, ливни предпочтительно определять по критериям H_{\max} и M^* (рис. 3.7). Таким образом, для диагноза опасных явлений следует использовать весь комплекс рассмотренных радиолокационных характеристик, что позволяет снизить риск ошибочной интерпретации явлений.

Сравнение информации об облачности, полученной на метеостанциях и

с помощью МРЛ, показывает существенное различие результатов. В первом случае это визуально наблюдаемая степень покрытия облаками небосвода, во втором – радиозоха облаков, т.е. их отражаемость и конфигурация. Обычно это расхождение преодолевается разбиением территории радиолокационных измерений на квадраты, в каждом из которых количество облаков определяется по десятибалльной шкале как доля площади квадрата, занятая облаками. Исследования оптимального размера квадрата в диапазоне от 4×4 до 400×400 выявили, что предпочтительной является сетка квадратов 25×25 в силу того, что радиус обзора небосвода наблюдателем есть функция высоты нижней границы облаков и угла обзора, составляющего в среднем 10-15 км.

Метеорологическая дальность видимости, определяемая наблюдателями на метеостанциях, в среднем составляет 12-33 км для различных физико-географических условий, что влияет на сопоставимость информации визуальных и радиолокационных наблюдений. Это учитывается ПО АС УВД при решении задач объединения данных, полученных различными методами, для численного анализа и прогноза погоды на основе минимизации вычислительных ошибок. Построение полей облачности производится путем совместного анализа радиолокационных и станционных измерений методом вариационного согласования наблюдений. На первом шаге формируются поля N_0 нулевого приближения посредством перевода радиолокационного изображения в балл облачности, далее – поля N_1 первого приближения с помощью корректировки станционных данных методом весовых коэффициентов

$$J(N) = \iint \left[a(N - N_1)^2 + b \left(\left(\frac{\partial N}{\partial x} - \frac{\partial N_0}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial N_0}{\partial y} \right)^2 \right) \right] dx dy \rightarrow \min.$$

Здесь N – искомое поле облачности, a и b – постоянные весовые коэффициенты. Качество анализа и его конечная точность зависят от выбора поля первого приближения, которое оценивается путем сравнения интерполированных значений с данными метеостанций. Решение функционала $J(N)$ дает матрицу значений балла облачности в узлах сетки квадратов 25×25 км в зоне АС УВД. Результаты анализа даже при незначительной облачности, когда радиолокационный метод дает наибольшую погрешность, предоставляют ПО поля облачности, точность которых близка к точности полей станционных данных. При сложных метеорологических условиях абсолютная ошибка анализа облачности не превосходит 1,3 балла.

По результатам анализа ПО отображает на экране метеоролога следующие поля распределения облачности (рис. 3.8). В левом верхнем углу экрана (рис. 3.8а) размещается контрольное поле станционных измерений облачности. Правее (рис. 3.8б) дается поле нулевого, ниже (рис. 3.8в) – первого приближения. Окончательное поле, построенное на основе вариационного согласования полей радиолокационных и станционных наблюдений, представлено в правой нижней части экранной формы (рис. 3.8г). Поля облачности соответствуют карте метеонаблюдений МРЛ, приведенной на рис. 3.7.

На основе визуального сопоставления отображаемых полей нетрудно видеть, что радиолокационные данные дополняют картину распределения

облачности, полученную по станционным наблюдениям, и дают информацию об облачности на территории, не охваченной наблюдениями станций.

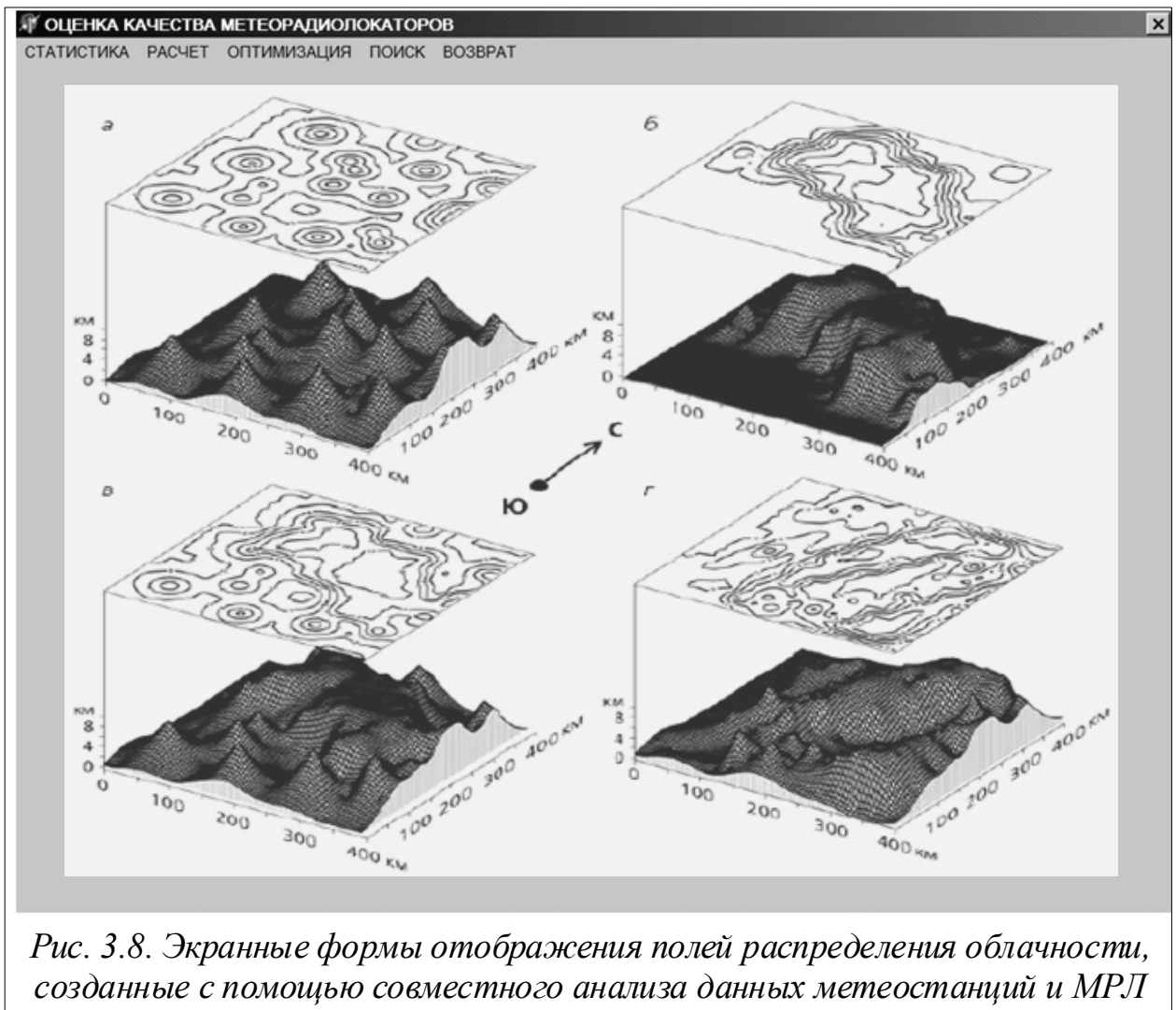


Рис. 3.8. Экранные формы отображения полей распределения облачности, созданные с помощью совместного анализа данных метеостанций и МРЛ

3.3. ОБОБЩЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.3.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ФУНКЦИЙ. ПО требует рационального разделения, планирования и координации работ, которые обеспечивает программная часть, состоящая из протоколов, соглашений, библиотек программ и т.д. Отдельные задачи обеспечивают прием, декодирование или обработку входных данных, передачу их в программы, являющиеся основой комплекса, а также средствами доведения результата до пользователя. Система состоит из приложений, взаимодействующих с другими задачами и являющихся окнами (или слоями на картах), отображаемых диспетчеру.

Средства удаленной связи, входящие в состав технологического комплекса, поддерживают прием и передачу данных (сообщений, карт, файлов) локально или удаленно через аппаратуру сетей Росгидромета и станций ГА.

Первичная обработка включает три основные задачи:
 обработка алфавитно-цифровых кодов метеоданных;
 декодирование любых известных форм данных, включая объединение полей компонент ветра;
 разбор и запись поступающих метеорологических данных.

Архив позволяет рассчитывать климатические данные по районам полетов и по трассам на основе предшествующих работ.

Геоинформационная система выполняет следующие функции:

- ♦ изготавливает географическую основу (бланк) карты территории АС УВД, включая данные рельефа с высоким разрешением по горизонтали;
- ♦ запоминает изготовленные бланки и карты для использования в дальнейшем;
- ♦ совмещает на одной карте различные данные;
- ♦ строит карты автоматически по заданному расписанию;
- ♦ выделяет отдельные области карты для изображения их в укрупненном масштабе;
- ♦ выводит карты на любые устройства.

Компоненты (слои на фоне географической карты) позволяют работать с данными, а также обеспечивают функции ручного редактирования:

- ♦ выбирают метеорологические параметры из базы данных (БД) и наносят их на карту в различных формах (символы, линии, штриховки и др.);
- ♦ выбирают и наносят на карту монтажи снимков, полученных с искусственных спутников Земли (ИСЗ);
- ♦ рисуют на слайде вручную фронтальные и другие линии;
- ♦ строят на слайде траекторные перемещения (частиц, изолиний) по фактическим и прогностическим данным;
- ♦ корректируют сомнительные данные встроенными алгоритмами контроля либо вручную;
- ♦ получают на карте рассчитанные фактические или прогностические величины;
- ♦ формируют сопровождающий текст к карте;
- ♦ наносят на карту названия городов (индексы метеостанций);
- ♦ позволяют просматривать на экране принимаемые карты, редактировать и отправлять их в системы телесвязи в установленных кодах.

Главными составляющими элементами сохранения и воспроизведения прогностических полей данных являются:

- модель планетарного пограничного слоя атмосферы;
- двух- и трехмерная модель переноса частицы;
- расчет вертикальной составляющей поля ветра.

В ПО строятся не только карты с различными слоями данных, но также и вертикальные атмосферные профили, указываемые на этих картах. Вертикальный профиль может относиться как к точке радиозондирования или узлу сетки, так и к произвольному контуру. Получаемые при этом профили могут быть фактическими и прогностическими эмаграммами (аэрологическими диаграммами в координатах «логарифм давления от температуры») или вертикальными разрезами (по маршруту), а могут быть средними – по трассе или району, в зависимости от используемой БД. Карты могут объединяться со спутниковыми снимками, фронтальными данными и т.п.

Помимо слоев визуализации – регистрации и вычерчивания измеренных данных, предусмотрены слои, рассчитываемые внутри приложений на

основе расчетов. Так представляются явления, составляющие карту для верхнего и нижнего ВП (тропопауза, ось струйного течения, фронты, болтанка, облечение). Помимо слоев с расчетами общего балла облачности, отображаются слои с расчетом гроз, шквалов и других явлений в приземном слое.

3.3.2. ОПЕРАТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСОБЫХ ЯВЛЕНИЙ для обеспечения полетов по маршрутам на верхних уровнях (в настоящее время 400-150 гПа; согласно новейшим указаниям ВМО-ИКАО, 400-70 гПа). На карту наносится информация, перечисленная на рис. 3.9: положение и направление смещения циклонов и антициклонов, положение атмосферных фронтов и зон облачности, струйные течения и максимальный ветер, высота тропопаузы, зоны активной конвекции, зоны турбулентности в ясном небе. Карты верхних уровней востребованы в национальном масштабе. Кроме того, выпускаются карты особых явлений на средних и нижних уровнях для конкретных АС УВД. Список особых явлений на средних уровнях отличается от списка для верхних уровней только наличием зон облечения и границ слоистых облаков. Все методики, применяемые для расчета карты особых явлений на верхних уровнях, используются и для расчета карты средних уровней.

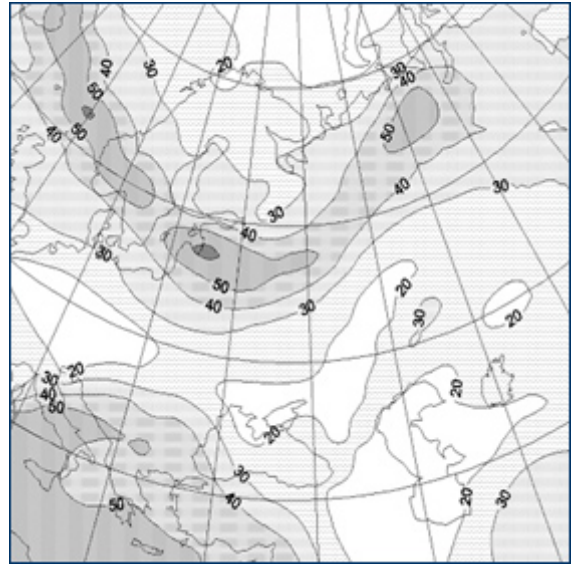


Рис. 3.9. Карта верхних уровней

Прогноз перечисленных особых явлений выполняется путем расчета их характеристик по прогностическим полям давления (геопотенциала), температуры, ветра, влажности. Эти поля предварительно вычисляются с помощью численных моделей атмосферы. Оперативные заблаговременности для расчета карт особых явлений – 24 и 36 ч. Используются выходные данные глобальных прогностических моделей: отечественных – спектральной Т85L31 и полулагранжевой (ПЛМ), а также зарубежных – Лондона (Эксетера) и Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

Работа глобальной прогностической модели состоит в решении уравнений динамики атмосферы. Региональные модели, которые дают детальную картину на ограниченной области, связываются в процессе моделирования с глобальными через граничные условия. Для любой модели определяющее значение имеют начальные условия, фиксирующие исходное для прогноза состояние атмосферы. Начальные условия задаются на основе слияния и специальной статистической подготовки данных разных видов наблюдений.

На рис. 3.10 показана карта струйных течений и максимального ветра. Рассчитывается она по данным о ветре на всех уровнях модели путем построения непрерывного профиля ветра с помощью кубических сплайнов (интерполяционных многочленов третьей степени) и нахождения высоты и значения максимума скорости ветра на этом профиле. Указываются уровни максимального ветра и изотахи (линии одинаковой скорости ветра) 40 м/с.

Высота тропопаузы (рис. 3.11) рассчитывается на основе данных о геопотенциале, температуре и ветре. Синоптики считают, что прогноз тропопаузы, получаемый таким путем, лучше, чем обычный способ расчета тропопаузы по профилю температуры.

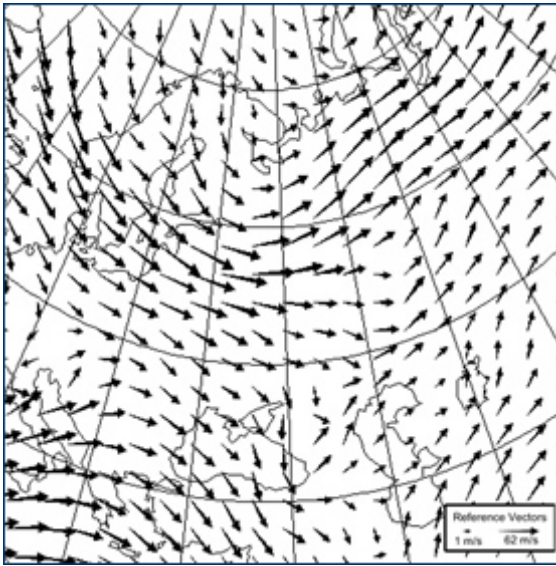


Рис. 3.10. Карта ветра и струйных течений

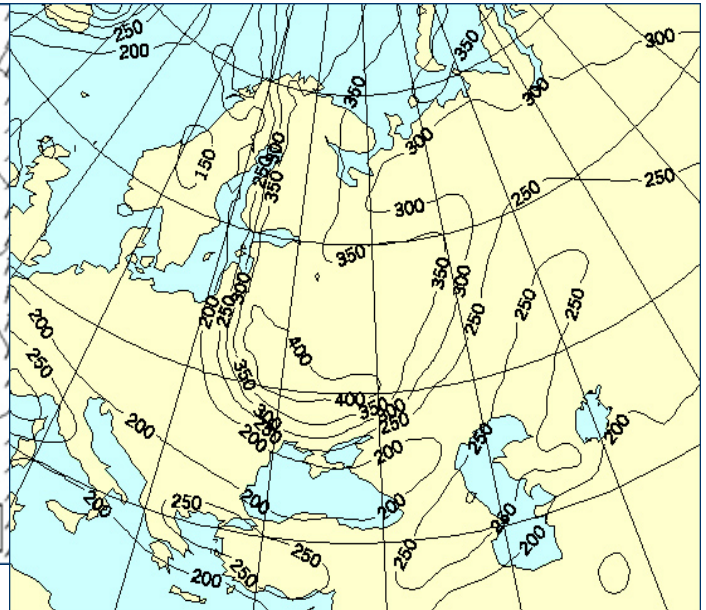


Рис. 3.11. Высота тропопаузы

На рис. 3.12 представлены созданные ПО зоны атмосферных фронтов и изолинии приземного поля давления в гПа (левая карта), а также полусуточные суммы ночных осадков и зоны вероятности осадков (правая карта). Зоны фронтов рассчитываются по прогностическим полям давления, температуры, ветра, влажности. Их конфигурация хорошо соответствует зонам фронтальных осадков. В правой части даны рассчитанные вероятности осадков больше 6 мм/12 ч (это сильные зимние осадки) и показаны станции, где такие осадки действительно наблюдались.

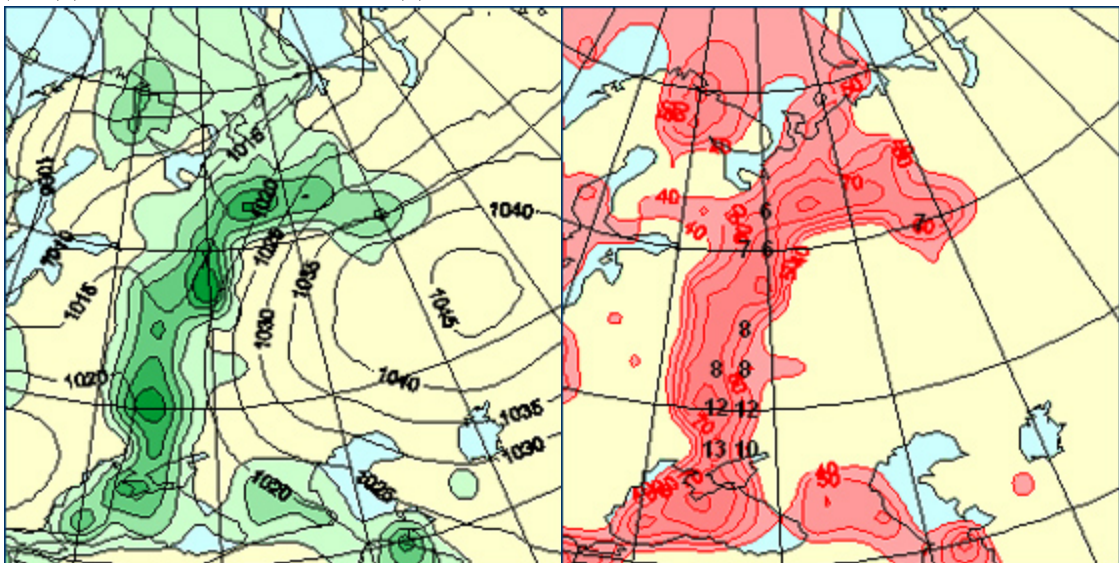


Рис. 3.12. Зоны атмосферных фронтов и осадков

Объединяя метеорологическую информацию разных источников, синоптики строят прогностическую карту особых явлений, которая и распространяется по каналам связи (рис. 3.13). Все оперативно используемые ПО

расчетные методы должны проходить оперативные испытания и рекомендоваться к практическому применению Центральной методической комиссией. Их точность должна удовлетворять требованиям ИКАО и соответствовать мировым стандартам. Отметим, что точность прогноза особых явлений, например, струйных течений, определяется: а) точностью расчетного метода и б) точностью прогностических полей, в данном случае полей ветра, на основе которых выполняется расчет. Точность прогностических полей зависит от качества численной прогностической модели и от исходных данных.

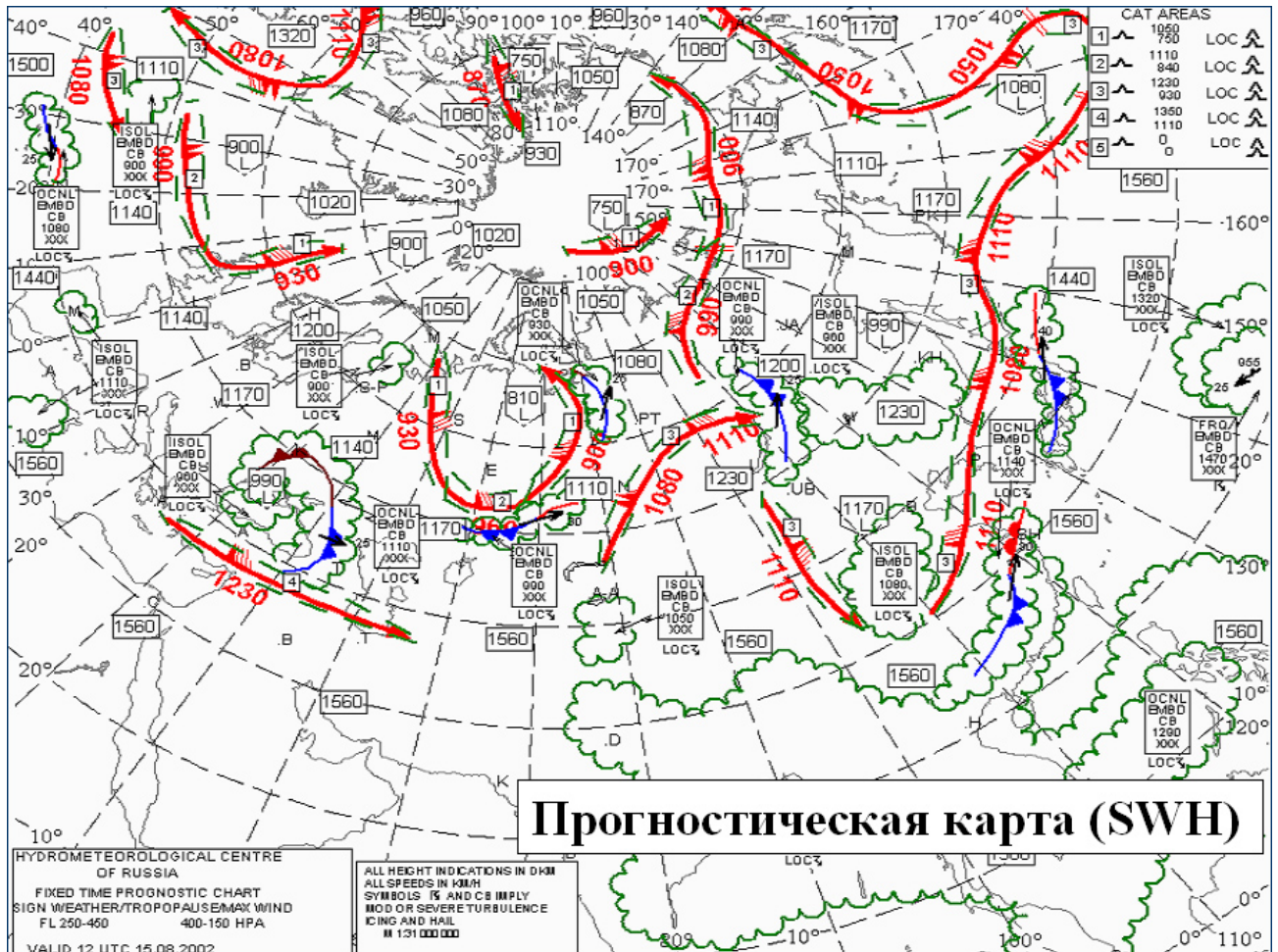


Рис. 3.13. Карта регионального прогноза особых явлений погоды

3.3.3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ КОМПЛЕКСАМИ ПРОГРАММ. Основным потребителем метеоданных среди элементов ПО АС УВД является КП обработки плановой информации. Каждое плановое сообщение, поступающее в систему, приводит к расчету или корректировке соответствующей заявки на ИВП. На этапах текущего планирования и непосредственного управления полетами штурманская задача решается с учетом складывающихся атмосферных условий по маршруту, т.е. текущей ситуации в начальной фазе полета и краткосрочного прогноза погоды на всем пути следования до аэродрома назначения. Схема взаимодействия организована по принципу запроса данных в полях кодограммы обмена, представленной на рис. 3.14. Согласно протоколу обмена, КП обработки плановой информации преобразует поступивший в систему план полета в последовательность точек от аэродрома вы-

лета (точки входа в зону действия системы) до аэродрома назначения (точки выхода из системы) в хронологическом порядке их пролета, с указанием рассчитанных величин времени и высоты пролета каждой точки. Эти данные упаковываются в ячейки таблицы 3.4.

Таблица 3.4

Кодограмма запроса метеорологических данных по маршруту полета					
параметр	точка входа	2-я точка	точка i	точка $n-1$	точка выхода
имя точки	УУВВ	МБМ		РАЩ	УРРР
время пролета	12.00	12.10		13.10	13.25
широта	55°55"	53°53"		48°48"	47°47"
долгота	44°44"	43°43"		42°42"	41°41"
высота полета	0	5700		6100	0
скорость	V_{x1}	V_{x2}		V_{xn-1}	V_{xn}
ветра V_x, V_y	V_{y1}	V_{y2}		V_{yn-1}	V_{yn}
температура на аэродроме	УУВВ	фактическая температура на аэродроме			
	УРРР	прогноз температуры на аэродроме			

КП обработки плановой информации, как следует из табл. 3.4, запрашивает у метеосистемы погодные условия по маршруту, указывая конкретные координаты, время и высоту пролета каждой его точки. КП обработки метеорологической информации упаковывает в таблицу 3.4 и возвращает обновленную кодограмму с необходимыми для расчета данными:

- фактическая температура на аэродромах вылета и назначения;
- прогноз температуры на аэродроме посадки к моменту приземления;
- прогностические значения проекций скорости ветра на координатные оси в указанных в кодограмме точках, моментах времени и высотах.

В результате расчета оптимального режима полета по маршруту с учетом развития метеорологической обстановки, плановая подсистема уточняет текущую загрузку во времени диспетчеров каждого сектора, затрагиваемого анализируемым рейсом. Блок-схема алгоритма формирования кодограммы о значениях метеорологических элементов во всех точках маршрута представлена на рис. 3.14. По каждому корректному обращению КП обработки метеорологической информации выполняет следующие действия.

Анализируется этап планирования, для которого рассчитывается поступивший в ПО план полета. Если обрабатывается план по вновь вводимому расписанию или предварительная заявка на рейс вне расписания, то в КП планирования передаются данные стандартной атмосферы: +15°C на аэродромах, нулевой (или преобладающий в данное время года по результатам наблюдений) вектор скорости ветра в точках маршрута. В противном случае, если ВС входит или готовится войти в зону действия АС УВД, выдается фактическая (или прогнозируемая на момент пролета точки) метеорологическая обстановка по линии заданного пути.

Отметим, что на этапах текущего планирования и непосредственного управления воздушным движением в ПО уже сопровождается план полета каждого ВС, рассчитанный на фазе суточного планирования, который уточ-

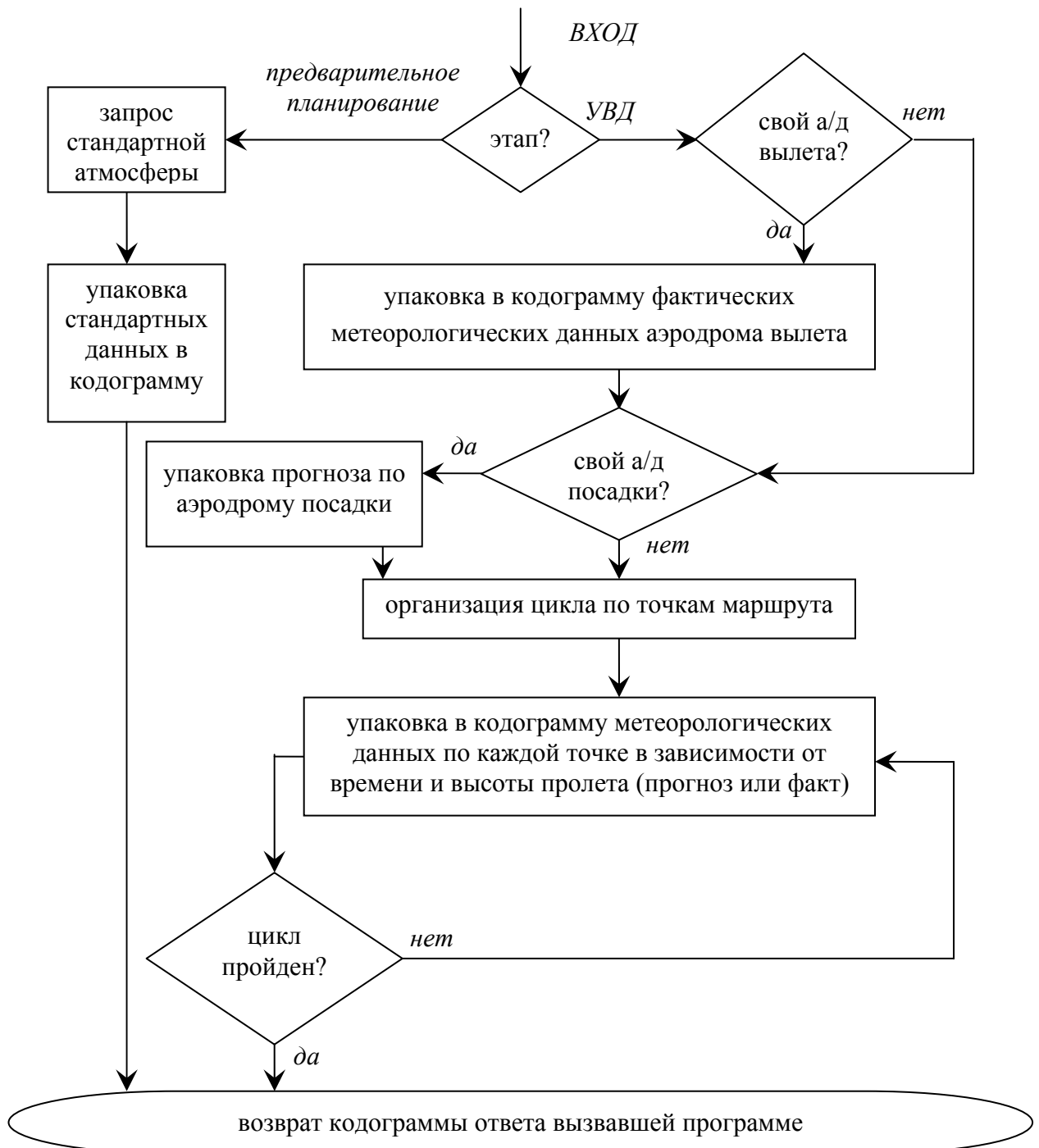


Рис. 3.14. Блок-схема алгоритма формирования метеоданных.

няется в момент активизации в соответствии с текущей метеорологической обстановкой. Точность предварительного штурманского расчета, выполненного с учетом данных стандартной атмосферы, достаточна, чтобы сформировать запрос фактической погоды в точках маршрута, либо ее краткосрочного прогноза. В кодограмму запроса КП обработки плановой информации упаковывает моменты и высоты пролета точек согласно предварительному плану, а получив ответ, выполняет повторный расчет с реальными величинами температуры и скорости ветра по маршруту.

Схема штурманского расчета плана полета остается неизменной на всех этапах планирования. Все вычисления производятся по одним и тем же формулам с учетом зависимости скороподъемности ВС от температуры на

ВПП и его путевой скорости от скорости ветра. Однако на этапе суточного планирования в качестве температуры на аэродроме вылета подставляется значение стандартной атмосферы, а на текущем планировании и в процессе непосредственного управления используется фактически измеренная величина. Путевая скорость в фазе горизонтального полета на всех этапах планирования рассчитывается как сумма крейсерской скорости на заданном эшелоне и проекции вектора скорости ветра на курс движения ЛА. В предварительном плане скорость ветра приравнивается нулю, а на этапе УВД используются подготовленные КП обработки метеорологической информации значения полей ветра в каждой указанной точке полета.

Вопросы для самопроверки

1. На основе анализа рис. 3.1 дайте ответы на следующие вопросы, касающиеся действующей схемы сбора и обработки метеоданных:

- являются ли источниками метеорологической информации для ПО АС УВД сеть станций и метеорадиолокаторов ГА, или для целей организации воздушного движения используются данные Росгидромета и международных метеоцентров (раздел 3.1.1)?

- каким образом трассовые радиолокаторы, предназначенные для наблюдения за воздушными судами, формируют сообщения о метеорологических явлениях и передают их в центр управления полетами (раздел 3.1.1)?

- какие задачи решаются метеорологической группой (раздел 3.1.1)?

- какая информация и от каких источников поступает в ПО АС УВД в кодах телеграфных сообщений (раздел 3.1.1)?

2. Укажите признаки сходства и различия телеграфных сообщений МЕТАР и СПЕСИ, метеорологических кодов ФАП и АПП (раздел 3.1.2).

3. Какие виды метеорологических наблюдений производят с помощью приборов, какие – с помощью визуальной оценки погоды (раздел 3.1.3)?

4. Укажите признаки сходства и различия радиолокаторов обнаружения воздушных целей и метеорологических радиолокаторов (раздел 3.2.1).

5. С какой целью в состав АС УВД включена аппаратура автоматической обработки радиолокационной метеорологической информации «Циклон» (раздел 3.2.2) и каковы ее технические характеристики?

6. Дайте определения терминов «однозначные и комплексные критерии» распознавания опасных явлений погоды (раздел 3.2.3). Какие перечисленные ниже критерии являются комплексными:

- отражаемость сигнала в кучево-дождевом облаке;
- максимальная высота радиоэха облака;
- критерий грозоопасности;
- вертикально проинтегрированная водность.

7. Каким образом и с какой целью осуществляется взаимодействие КП обработки метеорологической информации с другими КП (раздел 3.3)? Какие КП являются поставщиками, какие – потребителями информации?

4. ОБРАБОТКА ФУНКЦИЙ ВЫЗОВА И ВВОДА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

4.1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ С СИСТЕМОЙ

4.1.1. ОТОБРАЖЕНИЕ И ВВОД МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ. Для взаимодействия инженера-синоптика и оператора с диспетчерами РЦ через ВК используется пульт метеорологической группы. Пульт состоит из двух рабочих мест: синоптика (метеоролога) и оператора, оборудованных индикаторами и функциональными клавиатурами, с которых обеспечивается выполнение функций по вводу, вызову и корректировке метеоинформации.

Сбор метеоданных о фактическом и прогнозируемом состоянии погоды по аэродромам района и запасным осуществляется во время специально организованных сеансов связи. На рабочих местах метеогруппы ведется контроль и учет поступающих в сеансе связи сообщениями. Каждый отправитель ведет собственную нумерацию телеграмм. В случае пропуска ожидаемого номера ПО автоматически запрашивает повтор потерянного сообщения. При получении сообщений, содержащих ошибки, обнаруженные системой, на экран оператора поступает сигнал о неполноте или противоречивости поступившей информации и о количестве ошибочных сообщений. На рабочие места метеорологической группы выдаются, кроме того, сигналы-оповещения о возникновении и перемещении опасных явлений погоды в районе.

Информация о фактической погоде со штормовыми признаками и о зонах опасных явлений погоды в районе, поступающая по каналам связи, утверждаются синоптиком прежде, чем ею смогут воспользоваться диспетчеры РЦ. Вызов информации на средства отображения и ввод ее в вычислительный комплекс обеспечиваются ПО с помощью функциональной клавиатуры компьютеров рабочих мест. Функциональная клавиатура состоит из панели команд (рис. 4.1) и кнопок манипулятора «мышь».

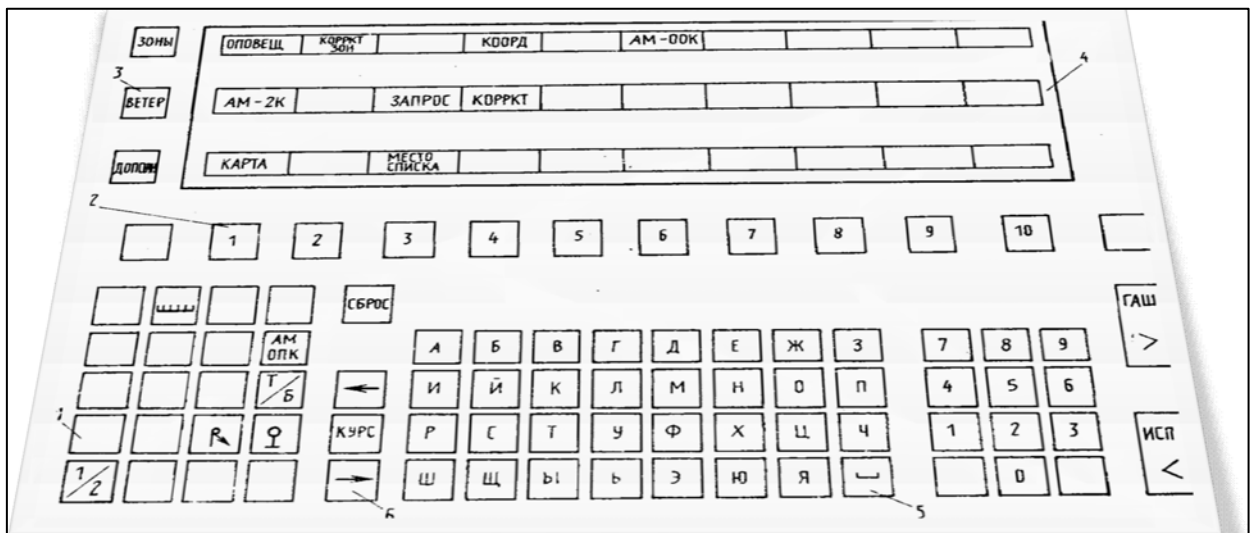


Рис. 4.1. Гравировка функциональной клавиатуры синоптика.

Условные обозначения: 1 – клавиши прямых функций, 2 – клавиши разовых команд, 3 – клавиши выбора группы функций, 4 – функциональное табло, 5 – алфавитно-цифровая клавиатура (АЦК), 6 – клавиши управления мышью

на 24-й строке экрана ТЗИ. У каждой функции есть набор подфункций. Переход от функции к подфункции осуществляется нажатием одной из клавиш программных функций. При этом на экране отобразится информация, соответствующая данной функции, а клавиши программных функций приобретают новое функциональное назначение. Условные обозначения подфункций отображаются на 24-й строке взамен условных обозначений функций. Аналогично этому подфункции могут иметь подподфункции и т.д.

Разнообразие функций ввода метеорологической группы предназначено для удобства работы со всей информацией, поступающей в ПО АС УВД. Данные, полученные со всех российских и мировых метеостанций, вводятся в компьютер. Компьютер рисует погодные карты. Однако прогноз составляет не компьютер. По картам погоды, нарисованным компьютером, синоптик прогнозирует, куда какой циклон или антициклон переместится дальше. От этого зависит, какая температура куда придет, как она изменится. На рис. 4.3 сотрудник метеогруппы демонстрирует схему, которую подготовил компьютер, а анализирует человек. Результаты анализа вводятся в систему и рассылаются на рабочие места диспетчеров управления воздушным движением.



Рис. 4.3. Образец метеокарты, поступившей в систему по каналам Росгидромета

Часть функций (подфункций, подподфункций) выполняются при нажатии клавишей программных функций, другие требуют ввода аргумента и исполняются при нажатии клавиши ВВОД. Аргументом является набранная информация или информация, указанная курсором мыши. Редактирование алфавитной и цифровой информации осуществляется с помощью клавишей управления сдвигом, стиранием информации, перемещением курсора (фокуса ввода) и АЦК.

Если в составе вводимой с рабочего места информации средствами ПО будет обнаружена ошибка, то информация сохраняется на экране, а на 23-й строке отобразится сообщение о наличии ошибки. Редактирующие клавиши сгруппированы в отдельный блок справа от АЦК и имеют следующие назначения и обозначения:



- раздвигает строку в месте, указанном курсором, для последующего ввода на это знакоместо дополнительной информации;
- удаляет знак в указанном курсором знакоместе, при этом информация, записанная в поле справа от курсора, сдвигается влево;
- обеспечивает подсвечивание точками разрешенных для ввода знакомест в текстовых полях экранной формы;

- 
 - очищает форму от введенной информации, исключая защищенные поля, и курсор смещается к первой позиции на 1-ю строку;
- 
 - очищает не защищенную часть поля (в которую разрешено вводить данные), начиная от курсора до конца поля;
- 
 - очищает не защищенное от ввода поле справа от позиции курсора, включая позицию курсора, до конца строки;
- 
 - перемещает отображаемый текст на одну строку вниз. Если клавишу удерживать в нажатом положении, то операция будет повторяться через определенные интервалы времени, причем нижние строки будут автоматически сниматься с отображения;
- 
 - перемещает отображаемый текст на одну строку вверх. Если клавишу удерживать нажатой, то информация через определенные интервалы времени будет перемещаться на одну строку вверх; при этом верхние строки будут сниматься с отображения;
- 
 - любая из этих клавиш, как и при работе с обычным компьютером, перемещает курсор (местоположение фокуса ввода) на одно знакоместо в направлении, обозначенном стрелкой на клавише, курсор на экране перемещается в течение всего времени нажатия;
- 
 - перемещает курсор к первой незащищенной позиции следующей строки. Если на следующей строке нет незащищенного поля, проверяются следующие строки. Если на экране нет незащищенных полей, курсор перемещается к первой позиции на 1-й строке;
- 
 - перемещает курсор к первой позиции первого незащищенного поля на экране. Если на экране не обнаружено незащищенное поле, курсор перемещается к первой позиции на 1-й строке;
- 
 - перемещает курсор к предыдущей в незащищенном поле стартовой позиции в той же форме. Если не обнаружено незащищенное поле или символ, курсор перемещается к первой позиции на 1-й строке. Если удерживать клавишу, действие повторяется.
- 
 - перемещает курсор к первой позиции в следующем незащищенном поле в той же форме. Если незащищенное поле не обнаружено, курсор перемещается к первой позиции на 1-й строке. Если удерживать клавишу нажатой, действие автоматически повторяется.

Взаимодействие лиц оперативного состава центра УВД с системой производится по стандартной схеме. Каждое нажатие клавиши вызывает прерывание работы операционной системы ПО АС УВД. Все прерывания классифицированы, и реакция ПО всегда бывает однозначной, установленной замыслом системы, технологией работы лиц оперативного состава и техническим заданием на разработку. Перечисленные выше системные прерывания известны каждому пользователю компьютера. Рассмотрим правила программной обработки специальных функций метеорологической группы.

4.1.2. ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ И ФУНКЦИИ ВВОДА ИНЖЕНЕРА-СИНОПТИКА. ПО обрабатывает прерывания операционной системы, вызванные нажатием клавиш прямых функций и функций с аргументом.

ПРЯМЫЕ ФУНКЦИИ ИНЖЕНЕРА-СИНОПТИКА



При нажатии этой клавиши (сравни с рис. 4.1) на экране отображаются контуры зон опасных явлений с обозначенным номером. При повторном нажатии контуры зон опасных явлений исчезают с экрана.



При нажатии данной клавиши на экране отображаются прогнозируемые контуры зон опасных явлений с номером внутри контура. При повторном нажатии информация исчезает с экрана.



При нажатии клавиши '♀' на экране отображаются расчетные траектории перемещения радиозондов. Первая и последняя точки имеют формуляры. У первой обозначен номер пункта радиозондирования и время выпуска зонда. У последней – высота в метрах и расчетное время пролета. При повторном нажатии информация стирается с экрана.



Для вызова на экран разговорной книжки (телбэка) необходимо в клавиатуре прямых функций нажать данную клавишу. При повторном нажатии клавиши телбэк стирается с экрана.



При нажатии данной клавиши отобразится масштабная линейка. Линейка расположена горизонтально, длина шкалы соответствует 50 км, цена делений – 10 км. При вызове масштабная линейка отобразится в месте последней ее установки. При повторном нажатии клавиши масштабная линейка исчезнет с экрана.



При нажатии данной клавиши переключается базисный размер символов. На экране обеспечивается отображение букв и цифр размером либо 5,4x3,6 мм (5,4x5,4 мм), либо 3,6x2,4 мм (3,6x3,6 мм).

ФУНКЦИИ ИНЖЕНЕРА-СИНОПТИКА С АРГУМЕНТОМ

На клавиатуре выбора регистра (рис. 4.1) нажимается клавиша ЗОНЫ. Первая регистровая линейка функционального табло подсвечивается, и становится возможным переход к функциям:

- «ОПОВЕЩ» (оповещение диспетчеров о наличии зон опасных явлений погоды и планируемом выпуске радиозондов в РЦ);
- «КОРРКТ» (корректировка контуров и формуляров зон опасных явлений погоды);
- «КООРД» (запрос координатной информации с ее отображением по точке, указанной щелчком манипулятора «мышь»);
- «АМ-ООК» (вызов на экран метеоролога контуров зон опасных явлений по оповещению).

«ОПОВЕЩЕНИЕ»

При нажатии функциональной клавиши 1 клавиатуры (рис. 4.1) средствами ПО в кратковременной разговорной книжке отображается надпись «ОПОВЕЩ». При нажатии клавиши «ИСП» телбэк очищается и обеспечивается отправка на рабочие места руководителя полетов и диспетчеров затраги-

ваемых секторов сигнала об утверждении метеорологом информации о зонах опасных явлений погоды. В метеоформуляре синоптической группы прекращается мерцание надписи «ШТОРМ». Мерцание номеров секторов, в зоне которых наблюдаются опасные явления погоды, прекращается после принятия диспетчерами оповещаемых секторов штормовой информации.

«КОРРЕКТИРОВКА ЗОН»

В клавиатуре разовых команд нажимается клавиша 2, соответствующая функции «КОРРЕКТИРОВКА ЗОН». Средствами ПО в телбэке отображается надпись «КОРРКТ. ЗОН». С помощью АЦК набирается символ «Ф» – указание о корректировке только данных формуляра или символ «Н» – признак начала корректировки зоны или корректировки зоны и ее формуляра одновременно, затем набирается символ «О», или «П», или «М» в зависимости от типа зоны и номер зоны (2 цифры), которую необходимо корректировать. В телбэке отображается набранная информация.

Для корректировки формуляра с помощью АЦК набираются:

- номер зоны;
- класс явления;
- верхняя и нижняя границы явления;
- пробел;
- направление и скорость перемещения зоны опасного явления.

В кратковременном телбэке отображается набранная информация.

Для корректировки зоны маркер устанавливается в нужное место экрана и нажимается клавиша «ИСП». Операция повторяется необходимое количество раз. По мере ввода точек вычерчивается зона. Для стирания ошибочно введенной точки и линии на АЦК набирается символ «С» и нажимается клавиша «ИСП». С экрана стираются ошибочно введенная точка и линия. В конце корректировки набираем на АЦК символ «К» (признак окончания корректировки) и нажимаем клавишу «ИСП». Кратковременный телбэк очищается, на экране отображается скорректированная информация по району. Для стирания зон на клавиатуре разовых команд нажимаем клавишу 2, набираем на АЦК символ «О» или «М» и номер зоны, которую необходимо снять с экрана, а также класс явления. В кратковременном телбэке отобразится набранная информация. При нажатии клавиши «ИСП» зона стирается с экрана.

«КООРДИНАТА»

В клавиатуре разовых команд (рис. 4.1) нажимается клавиша 4, с помощью АЦК вводится аргумент, маркер мыши устанавливается в точку экрана, по которой необходимо выполнить расчет географических координат. В кратковременном телбэке отобразятся надпись КООРД и набранная на АЦК информация. При нажатии клавиши «ИСП» на экране средствами ПО отобразятся координаты точки. Операции по вводу точек можно повторять. При вводе последней точки запроса на АЦК следует набрать символ «К» и нажать клавишу «ИСП». Кратковременный телбэк очищается, на экране отображается информация, соответствующая точкам, задаваемым на экране.

Для стирания информации повторно активизируется функция «КООРД» и нажимается клавиша «ГАШ». Кратковременный телбэк очищается,

точки запроса информации стираются с экрана.

«ЗОНЫ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПО ОПОВЕЩЕНИЮ».

Для вызова зон опасных явлений по оповещению следует активизировать функцию «АМ-ООК» (клавиша 6 на рис. 4.1), с помощью АЦК ввести аргумент. Проверить, что в телбэке отобразилась набранная информация, и нажать клавишу «ИСП». На экране отобразятся контуры зон опасных явлений погоды. Для стирания контуров зон следует повторно активизировать функцию «АМ-ООК» и нажать клавишу ГАШ. Кратковременный телбэк очищается, и зоны опасных явлений погоды стираются с экрана.

«ВЕТЕР ПО СЛОЯМ»

На клавиатуре выбора регистра (рис. 4.1) нажимается клавиша ВЕТЕР. Средствами ПО подсвечивается вторая регистровая линейка функционального табло и происходит переход к функциям:

- «АМ-2К»;
- «ЗАПРОС»;
- «КОРРКТ».

На клавиатуре разовых команд нажимается клавиша 1, соответствующая функции «АМ-2К». С помощью АЦК вводятся номер запрашиваемого слоя и номер квадранта. В кратковременном телбэке отобразится набранная информация. При нажатии клавиши «ИСП» телбэк очищается, на экране отображается информация о ветре по слоям. Повторная активизация функции «АМ-2К» и нажатие клавиши ГАШ снимает информацию о ветре с экрана.

«ВЕТЕР ПО ЗАПРОСУ».

Для запроса информации о векторе ветра на клавиатуре разовых команд (рис. 4.1) нажимается клавиша 3. В кратковременном телбэке отобразится надпись «ЗАПРОС». С помощью АЦК вводятся номера слоя квадранта и нажимается клавиша «ИСП». Разговорная книжка очищается, на экране отображается точка запроса, а в статическом телбэке: номера слоя и квадранта, а также направление и скорость ветра в указанной точке. Для стирания информации следует повторно нажать клавишу 3 и клавишу ГАШ.

«КОРРЕКТИРОВКА ВЕКТОРА ВЕТРА».

Для корректировки ветра на клавиатуре разовых команд (рис. 4.1) нажимается клавиша 4. В разговорной книжке отобразится надпись КОРРКТ. Маркером мыши указывается точка начала вектора. С помощью АЦК вводятся значения скорости и направления ветра, номера слоя и квадранта. Набранная информация отобразится в телбэке. При нажатии клавиши ИСП:

- кратковременный телбэк очищается;
- на экране старый вектор заменяется новым;
- около вектора отобразится символ «О»;
- в статическом телбэке отобразится набранная информация.

Для снятия информации следует повторно нажать клавиши 4 и ГАШ.

«ДОПОЛНЕНИЕ»

На клавиатуре выбора регистра (рис. 4.1) нажимается клавиша ДОПОЛН. Третья регистровая линейка функционального табло начинает подсвечиваться, и происходит переход к функциям:

- «КАРТА»;
- «МЕСТО СПИСКА».

«КАРТА»

На клавиатуре разовых команд (рис. 4.1) нажимается клавиша 1, соответствующая функции «КАРТА». С помощью АЦК вводится номер запрашиваемой карты. В кратковременном телбэке отобразится набранная информация. После нажатия клавиши ИСП кратковременный телбэк очищается, на экране отображается выбранная карта. Для стирания следует повторно нажать клавишу 1, набрать на АЦК номер карты и нажать клавишу ГАШ. Кратковременный телбэк очищается, указанная карта стирается с экрана.

«МЕСТО СПИСКА»

Для переноса информации на клавиатуре разовых команд нажимается клавиша 2, с помощью АЦК вводится индекс переносимого элемента;

- Т – телбэк;
- М – масштабная линейка;
- Ф – метеоформуляр.

Набранная информация отобразится в кратковременном телбэке. Маркером указывается место желательного расположения информации. При нажатии клавиши ИСП кратковременный телбэк очищается, и информация отображается в указанном маркером месте.

4.1.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ПУЛЬТА СИНОПТИКА

Перечень функций (по схеме рис. 4.2):

- «АМ-1» (фактическая погода по аэродромам);
- «АМ-1П» (прогноз погоды по аэродромам);
- «АМ-О» (штормовые оповещения);
- «АМ-2» (фактическое распределение значений ветра и температуры);
- «АМ-2П» (прогнозы распределения значений ветра и температуры);
- «АМ-3П» (информация о выпуске радиозондов);
- «АМ-4» (интенсивность отражения сигналов МРЛ по слоям);
- «С. СВЗ» (сеанс связи);
- «ОШИБКА» (ошибочные сообщения);
- «МЕТПР» (метеоприставка).

«ФАКТИЧЕСКАЯ ПОГОДА ПО АЭРОДРОМАМ»

При активизации данной функции на 20 и 21-й строках отобразится список аэродромов, не приславших сообщений; на 23-й строке выделяется поле для ввода аргумента (индекса аэродрома), на 24-й строке отобразятся условные обозначения подфункций:

- «СПИСОК» (фактическая погода по аэродромам в виде списка);
- «ШТОРМ» (фактическая погода по аэродромам, имеющим штормовые признаки);
- «ОЧЕРЕДЬ» (очередное сообщение о фактической погоде);
- «ШТР. АД» (перечень наименований аэродромов, имеющих штормовые признаки погоды);
- «ВОЗВ» (возврат к основным функциям).

На АЦК набирается индекс необходимого аэродрома, при нажатии

клавиши ВВОД на 23-й строке отобразится набранный аргумент, на 2-6-й строках экрана – информация о фактической погоде по запрашиваемому аэродрому. Операцию по вводу аргумента можно повторить.

«СПИСОК»

После активизации данной подфункции (клавиша 1) на экране отобразится бланк с информацией о фактической погоде по аэродромам, на 24-й строке экрана – наименования подподфункций подфункции «СПИСОК»:

- «СЛ. СТР»;
- «ВОЗВ».

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При отсутствии необходимого аэродрома с информацией о фактической погоде на данной странице и при отсутствии на 23-й строке предупреждения «КОНЕЦ СПИСКА» следует активизировать подподфункцию «СЛ. СТР» нажатием клавиши 9. После нажатия клавиши на экране отобразится следующая страница списка с информацией о фактической погоде. С помощью маркера мыши и АЦК следует при необходимости внести изменения в сообщение о фактической погоде. На экране отобразится набранная информация. При некорректном наборе текста, после нажатия клавиши ВВОД на 23-ю строку средствами ПО будет выдано сообщение об ошибке. Подподфункция «СЛ. СТР» может быть активизирована многократно.

«ВОЗВРАТ»

По нажатию клавиши 10 (рис. 4.2), соответствующей подподфункции «ВОЗВРАТ», происходит переход к работе с подфункциями. На 24-й строке появляются наименования подфункций: «СПИСОК», «ШТОРМ», «ОЧЕРЕДЬ», «ШТР. АД», «ВОЗВ».

«ШТОРМ»

При активизации подфункции «ШТОРМ» на экране отображается фактическая погода по аэродромам, имеющим штормовые признаки. На 24-й строке появляются наименования подподфункций подфункции «ШТОРМ»:

- «СЛ. СТР»;
- «ВОЗВ».

«ОЧЕРЕДЬ»

При активизации данной подфункции на экране отобразится первое в очереди сообщение о фактической погоде по аэродрому, на 24-й строке экрана – наименования подподфункций подфункции «ОЧЕРЕДЬ»:

- «УТВ»;
- «ВОЗВ».

С помощью маркера и АЦК при необходимости вносятся изменения в сообщение о фактической погоде на аэродроме. На экране отобразится набранная на АЦК информация. В случае ввода ошибочного сообщения средствами ПО выдается сообщение об ошибке.

«УТВЕРЖДЕНИЕ»

При активизации данной подподфункции утверждается очередное сообщение о штормовой фактической погоде на аэродроме. После утверждения строки 3-18 экрана очищаются, и сообщение поступает в ВК системы для

дальнейшего использования диспетчерами. На экране отобразится следующее сообщение из очереди.

«ВОЗВРАТ»

По нажатию клавиши 10, соответствующей подподфункции «ВОЗВ», происходит переход к подфункциям. На 24-й строке отобразятся их наименования: «СПИСОК», «ШТОРМ», «ОЧЕРЕДЬ», «ШТР. АД», «ВОЗВ».

«ШТОРМЯЩИЕ АЭРОДРОМЫ»

При активизации данной подфункции на экране отобразится перечень наименований аэродромов, имеющих в фактической погоде штормовые признаки, а на 24-й строке – наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

«ВОЗВРАТ»

Для перехода от подподфункции к функции следует дважды нажать клавишу 10 на клавиатуре программных функций. Информация с экрана стирается, при этом на 24-й строке отобразятся основные функции: «АМ-1», «АМ-1П», «АМ-О», «АМ-2», «АМ-2П», «АМ-3П», «АМ-4», «С.СВЗ», «ОШИБКА», «МЕТ. ПР».

«ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ ПО АЭРОДРОМАМ»

При активизации функции «АМ-1П», на 20–21-й строках экрана отобразится список аэродромов, не приславших информации в очередной сеанс связи, чему соответствует сообщение «НЕ ВСЕ» на верхней строке экрана. На 23-й строке выделено поле для ввода аргумента. На 24-й строке отобразятся наименования подфункций:

- «СПИСОК» (прогнозируемая погода по аэродромам в виде списка);
- «ШТОРМ» (прогнозируемая погода по штормовым аэродромам);
- «ОЧЕРЕДЬ» (очередное сообщение о прогнозе погоды);
- «ШТ. АД» (перечень наименований аэродромов, в прогнозируемой погоде которых имеются штормовые признаки).

С помощью АЦК вводится индекс необходимого аэродрома, при нажатии клавиши ВВОД на 23-й строке отобразится набранный аргумент, а на 2–6-й строках информация о прогнозируемой погоде по запрашиваемому аэродрому. Ввод аргумента можно повторить.

«СПИСОК»

После активизации данной подфункции на экране отобразится бланк с информацией о прогнозируемой погоде по аэродромам, а на 24-й строке – наименования подподфункций подфункции «СПИСОК»:

- «СЛ. СТР» (следующая страница);
- «ВОЗВ» (возврат к подфункциям).

При необходимости можно внести с помощью АЦК и манипулятора «мышь» изменения в сообщение о прогнозе погоды. На экране отобразится набранная на АЦК информация. При нажатии клавиши ВВОД сообщение остается на экране. В случае ввода ошибочного сообщения на 23-ю строку будет выдано сообщение об ошибке.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При отсутствии необходимого аэродрома с информацией о прогнозе погоды на вызванной странице и при отсутствии на 23-й строке предупреж-

дения «КОНЕЦ СПИСКА» следует активизировать подподфункцию «СЛ. СТР». После нажатия клавиши 9 на экране отобразится следующая страница списка с прогнозом погоды по аэродромам.

«ВОЗВРАТ»

По нажатию клавиши 10 (подподфункции «ВОЗВ») происходит переход к работе с подфункциями. На 24-й строке отобразятся наименования подфункций «СПИСОК», «ШТОРМ», «ОЧЕРЕДЬ», «ШТ. АД» и «ВОЗВ».

«ШТОРМ»

При активизации подфункции «ШТОРМ» на экране отобразится прогноз погоды по аэродромам, имеющим штормовые признаки, а на 24-й строке экрана – наименования подфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

«ОЧЕРЕДЬ»

При активизации данной подфункции на экране отобразится первое в очереди сообщение о прогнозе погоды по аэродрому, на 20-21-й строках – список индексов аэродромов, не приславших прогноз погоды в очередном сеансе связи, а на 24-й строке – наименование подфункции «ВОЗВ». При необходимости можно внести с помощью мыши и АЦК изменения в информацию. В случае ввода ошибочной информации на 23-ю строку будет выдано сообщение об ошибке ввода. При вводе информации в ВК на экране появится следующее сообщение из очереди.

«ШТОРМЯЩИЕ АЭРОДРОМЫ»

При активизации данной подфункции на экране отобразится перечень наименований аэродромов, в прогнозируемой погоде которых имеются штормовые признаки, а на 24-й строке – наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При активизации данной подподфункции отобразится следующая страница с информацией по штормящим аэродромам.

«ВОЗВРАТ»

Для перехода от подподфункции к функции (рис. 4.2) следует дважды нажать клавишу 10. Информация с экрана исчезнет, а на 24-й строке ТЗИ отобразятся основные функции «АМ-1», «АМ-1П», «АМ-О», «АМ-2», «АМ-2П», «АМ-3П», «АМ-4», «С. СВЗ», «ОШИБКА», «МЕТПР».

«ШТОРМОВЫЕ ОПОВЕЩЕНИЯ»

На клавиатуре программных функций (рис. 4.2) нажимается клавиша 3, соответствующая функции АМ-О, при этом на 23-й строке выделяется поле для ввода аргумента (индекса аэродрома). На 24-й строке средствами ПО отобразятся наименования подфункций:

- «СПИСОК» (штормовые оповещения в виде списка по станциям штормового кольца) ;
- «ОЧЕРЕДЬ» (очередное штормовое сообщение);
- «ФОРМУЛ Ф» (формуляры к фактическим зонам опасных явлений);
- «ФОРМУЛ П» (формуляры к прогнозируемым опасным явлениям);
- «ФОРМУЛ Н» (формуляры неутвержденных зон опасных явлений);
- «ВОЗВ» (возврат к основным функциям).

С помощью АЦК вводится наименование станции штормового кольца, при нажатии клавиши ВВОД на экране отобразится информация по запрашиваемой станции, а на 23-й строке – набранный на АЦК аргумент или сообщение об ошибке ввода. Ввод аргумента можно повторить.

«СПИСОК»

При активизации данной подфункции на экране отобразятся штормовые оповещения от станций штормового кольца, а на 24-й строке наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ». В случае необходимости с помощью мыши и АЦК можно откорректировать сообщение. На экране отобразится набранная информация. При нажатии клавиши ВВОД сообщение останется на экране. В случае ввода ошибочного сообщения на 23-ю строку будет выдано сообщение об ошибке ввода.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При отсутствии необходимой информации на данной странице и при отсутствии на 23-й строке предупреждения «КОНЕЦ СПИСКА» следует активизировать подподфункцию «СЛ. СТР». После нажатия клавиши 9 отобразится следующая страница с информацией по станциям штормового кольца. Подподфункция «СЛ. СТР» может быть активизирована многократно.

«ВОЗВРАТ»

По нажатию клавиши 10, соответствующей подподфункции «ВОЗВ», происходит переход к работе с подфункциями. На 24-й строке экрана отобразятся наименования подфункций «СПИСОК», «ОЧЕРЕДЬ», «ФОРМУЛ Ф», «ФОРМУЛ П», «ФОРМУЛ Н», «ВОЗВ».

«ОЧЕРЕДЬ»

При активизации данной подфункции на экране отобразится первое в очереди сообщение от станции штормового кольца, а на 24-й строке – наименование подподфункции «ВОЗВ». В случае необходимости можно внести с помощью мыши и АЦК изменения в сообщение. На экране отобразится набранная на АЦК информация. В случае ошибки на 23-ю строку будет выдано сообщение. При вводе сообщения в ВК на экране появится следующее сообщение из очереди.

«КООРДИНАТА»

При активизации подфункции «КООРД» отображается распределение значений ветра и температуры над точкой, заданной на экране мышью.

«ВОЗВРАТ»

После нажатия клавиши 10 происходит переход к основным функциям.

«ПРОГНОЗ ВЕТРА И ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ВЫСОТАМ»

При активизации функции «АМ-2П» на 23-й строке выделится поле для ввода аргумента, на 24-й строке отобразятся наименования подфункций:

- «СПИСОК» (прогноз значений ветра и температуры по высотам);
- «КООРД» (прогнозируемые значения ветра и температуры по высотам над точкой, заданной маркером мыши на экране);
- «ВОЗВ» (возврат к основным функциям).

С помощью АЦК набирается наименование станции вертикального зондирования атмосферы, при этом на экране отобразится информация о

прогнозируемых значениях ветра и температуры по высотам над указанной в аргументе станции вертикального зондирования атмосферы (СВЗА).

«СПИСОК»

После активизации данной подфункции на экране отобразится бланк с информацией о прогнозируемых значениях ветра и температуры по СВЗА, а на 24-й строке – наименования подподфункций – «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

При необходимости с помощью маркера и АЦК вносятся изменения в информацию. На экране отобразится набранная на АЦК информация. В случае ошибочного сообщения, при нажатии клавиши ВВОД на 23-ю строку выдается сообщение об ошибке ввода.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При отсутствии необходимой информации и предупреждения «КОНЕЦ СПИСКА» на 23-й строке следует активизировать подподфункцию «СЛ. СТР». Подподфункция «СЛ. СТР» может быть активизирована многократно.

«ВОЗВРАТ»

После активизации подподфункции «ВОЗВ» происходит переход к работе с подфункциями, на 24-й строке отобразятся наименования подподфункций «СПИСОК», «КООРД», «ВОЗВ».

«КООРДИНАТА»

При активизации подфункции «КООРД» отображается распределение значений ветра и температуры над точкой, заданной на экране мышью.

«ВОЗВРАТ»

После нажатия клавиши 10 происходит переход к основным функциям.

«РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАДИОЗОНДОВ»

При активизации функции «АМ-3П» на 1-й строке отобразится наименование вида информации – «ПРОГНОЗЫ ТРАЕКТОРИЙ РАДИОЗОНДОВ». На 22-й строке надпись «ШАР» является признаком наличия информации, на 23-й строке выделено поле для ввода аргумента. На 24-й строке отобразятся наименования подподфункций – «СПИСОК», «ВОЗВ».

После набора на АЦК наименования СВЗА на 23-й строке отобразится набранный аргумент. При наличии ошибки на 23-й строке отобразится диагностика. В этом случае повторяется ввод исправленного аргумента. При вводе 23-я строка очищается, на 2-й строке отображаются наименования групп информации, а на 3-й и 4-й строках – информация данного вида. После нажатия клавиши ВВОД на 23-й строке выделяется поле для ввода аргумента.

«СПИСОК»

После активизации данной подфункции на экране отобразится бланк с информацией о прогнозах траекторий радиозондов. На 24-й строке отобразятся наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

С помощью маркера мыши и АЦК вносятся изменения в сообщение. На экране отобразится набранная информация. Установив маркер в поле скорректированного сообщения, следует нажать клавишу ВВОД.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

При активизации данной подподфункции на экране появится информация, не вошедшая на первую страницу. Подподфункция «СЛЕД. СТР» может

быть активизирована многократно.

«ВОЗВРАТ»

Для осуществления перехода от подподфункций к функциям следует дважды нажать клавишу 10. Информация с экрана исчезнет, и на 24-й строке отобразятся наименования основных функций.

«УТВЕРЖДЕНИЕ»

Для утверждения штормовой метеоинформации необходимо на клавиатуре программных функций нажать клавишу ИСП. Информация с экрана стирается или выдается сообщение об ошибке ввода на 23-ю строку.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

Для просмотра следующей страницы штормовых сообщений нажимается клавиша 9. На 1-й строке отобразится номер вызываемой страницы и количество страниц в списке, на экране высветятся штормовые сообщения.

«ВОЗВРАТ»

При активизации данной подподфункции происходит переход к подфункциям.

«АМ-1»

После активизации данной подфункции, на экране отобразится информация «АМ-1», а на 24-й строке – наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ».

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

Данная подподфункция активизируется для просмотра следующей страницы метеорологической информации.

«ВОЗВРАТ»

При активизации подподфункции «ВОЗВ» происходит переход к подфункциям «ШТОРМ», «АМ-1 », «АМ1ОШ», «НЕОПЗ», «ПРОДЛ», «ВОЗВ».

«ОШИБОЧНЫЕ АЭРОДРОМНЫЕ СООБЩЕНИЯ»

После активизации подфункции «АМ1ОШ» на 2-й строке экрана отобразится количество ошибочных сообщений по всем видам, на 3-й – 17-й строках – ошибочные сообщения, на 24-й строке отобразятся наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ». Следует по возможности откорректировать сообщения и ввести в ВК.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

Данная подподфункция активизируется для просмотра следующей страницы ошибочных сообщений.

«ВОЗВРАТ»

После нажатия клавиши 10 происходит переход к подфункциям.

«НЕОПОЗНАННЫЕ СООБЩЕНИЯ»

После активизации подфункции на 2-й строке экрана отобразится количество неопознанных сообщений, на 3-й – 17-й строках неопознанные сообщения, а на 24-й строке – наименования подподфункций «СЛ. СТР», «ВОЗВ». Следует по возможности откорректировать и ввести сообщения.

«СЛЕДУЮЩАЯ СТРАНИЦА»

Данная подподфункция активизируется для просмотра следующей страницы неопознанных сообщений.

«ВОЗВРАТ»

После нажатия клавиши 10 происходит переход к подфункциям.

«ПРОДЛЕНИЕ»

При активизации данной подфункции метеоинформация по указанному в аргументе аэродрому продлевается на следующий срок.

«ВОЗВРАТ»

После нажатия клавиши 10 происходит переход к основным функциям.

«ОШИБОЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ»

После активизации данной функции на экране отобразится на 1-й строке вид информации «ОШИБОЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ», на 2-й строке – наименования групп ошибочной информации и количество ошибочных сообщений в информации каждого вида, а на 24-й строке – наименования подфункций АМ-1, АМ-1П, АМ-О, АМ-2, АМ-2П, АМ-3П, АМ-4, «НЕОПЗ», «ВОЗВ».

4.2. ФУНКЦИИ ВЫЗОВА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДИСПЕТЧЕРОВ

4.2.1. ФУНКЦИИ ДИСПЕТЧЕРА РАДИОЛОКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ. На экранах пультов диспетчеров радиолокационного управления (ДРУ) РЦ отображается следующая метеорологическая информация (рис. 4.4):

сигнал-оповещение о наличии в районе ответственности РЦ фактических или ожидаемых опасных явлений погоды и планируемом выпуске радиозондов;

контуры зон опасных явлений погоды;

расчетные траектории перемещения радиозондов;

штормовые предупреждения по району ответственности РЦ.



Диспетчеры радиолокационного управления и руководитель полетов района (РПР) извещаются о наличии в зоне ответственности РЦ фактических или ожидаемых опасных для авиации явлений погоды и планируемом выпуске радиозондов инженером-синоптиком с пульта метеорологической группы. Данная информация принудительно отображается в специальном метеоформуляре. Левая часть метеоформуляра имеет надпись ШТОРМ и служит для оповещения диспетчеров о наличии в районе ответственности РЦ зон опасных для авиации явлений погоды. Правая часть метеоформуляра имеет надпись ШАР и служит для оповещения диспетчеров о планируемом выпуске радиозондов. На экране РПР в метеоформуляре помимо указанной информации отображаются номера секторов УВД, в районе ответственности которых наблюдаются эти явления. При поступлении в ВК системы утвержденной



Рис. 4.4. Отображение опасных явлений погоды вблизи аэродромной зоны на экране диспетчера радиолокационного управления

информации о зонах опасных явлений и планируемом выпуске радиозондов на экранах диспетчеров принудительно отображаются надпись ШТОРМ в мигающем режиме и надпись ШАР, а на экране РПР – мерцание номеров секторов УВД, в зоне ответственности которых наблюдаются эти явления.

В ответ на появление мерцающих сигналов диспетчер нажимает клавишу «ПРИНЯТ». На экране ДРУ сектора, с которого выполнена функция «ПРИНЯТ», мигание надписи ШТОРМ прекращается. В метеоформуляре на рабочем месте РПР прекращается мерцание номера сектора, принявшего данную информацию, а на экране синоптика мигание номера оповещаемого сектора УВД. Надпись ШТОРМ или ШАР гаснет при прекращении опасного явления или исчезновении радиозонда из района ответственности РЦ.

Для вызова на экран контуров зон опасных явлений от МРЛ диспетчер на клавиатуре прямых функций нажимает клавишу . На экране отобразятся зоны в виде замкнутых контуров (в соответствии с масштабом отображения). Гашение контуров зон опасных явлений осуществляется повторной активизацией функции .

Краткая характеристика зон представлена в формулярах, которые диспетчер имеет возможность вызвать на экран. При автоматическом появлении сигнала-оповещения о планируемом выпуске радиозондов диспетчер на клавиатуре прямых функций нажимает клавишу с символом «♀». При этом на экране появляются траектории перемещения радиозондов. Первая и последняя точки траектории имеют формуляры. Для гашения информации необходимо повторно нажать клавишу «♀».

4.2.2. ФУНКЦИИ ДИСПЕТЧЕРА ПРОЦЕДУРНОГО КОНТРОЛЯ. На экранах диспетчеров процедурного контроля (ДПК) отображаются следующие виды метеорологической информации:

- фактическая и прогнозируемая погода по определенному аэродрому;
- фактическая погода по аэродромам ответственности РЦ и запасным;
- прогнозируемая погода по аэродромам РЦ и запасным;
- перечень аэродромов, имеющих штормовые признаки погоды;
- формуляры к зонам опасных явлений;
- прогноз ветра и температуры по трассам полетов.

При наличии штормовых аэродромных сообщений на верхней строке (17 и 18 знакоместа), независимо от активизированной функции ассистента группы РПР, диспетчера организации потоков (ДОП) и диспетчера взаимодействия (ДВЗ), отображается сигнал «ШТ». Гашение сигнала производится автоматически при получении сообщения об исчезновении опасного явления в соответствующем секторе района ответственности.

На 1-й строке ДПК и ассистента группы УВД при наличии штормовых аэродромных сообщений отображается мерцающий сигнал «ШТ». Мерцание сигнала прекращается при активизации подфункции «ПРИНЯТ» функции «МЕТЕО». Сигнал «ШТ» гасится при исчезновении опасных явлений в зоне ответственности данного сектора. На 22-й строке экрана ассистента группы РПР, независимо от активизированной функции, отображаются мерцающие

номера секторов, в зоне ответственности которых отмечаются опасные для авиации явления погоды. Мерцание каждого номера сектора гасится с пульта диспетчера соответствующего сектора вызовом штормовой метеоинформации. Гашение номера сектора производится автоматически при прекращении опасного явления в зоне ответственности сектора.

На 22-й строке экрана ДПК отображается следующая информация по четырем аэродромам, расположенным в границах данного сектора УВД

- индекс аэродрома;
- время наблюдения;
- высота нижней границы облаков;
- горизонтальная видимость.

Для вызова метеоинформации на экран предназначена программная функция «МЕТЕО». После активизации функции на 23-й строке отобразится форма для ввода аргумента (индекса аэродрома), а на 24-й строке – наименование подфункций: «ФАП», «АПП», «ШТР. АД», «ВЕТЕР», «ФОРМУЛЯР», «ПРИНЯТ», «ВОЗВ».

На рабочих местах диспетчера организации потоков и диспетчера взаимодействия подфункции «ФОРМУЛЯР» и «ПРИНЯТ» отсутствуют. У ассистента группы РПР отсутствует подфункция «ПРИНЯТ». Строки со 2-й по 21-ю свободны, они используются для отображения метеоинформации, вызываемой диспетчерами РЦ.

Информация о фактической и прогнозируемой погоде по одному аэродрому вызывается на экран после ввода аргумента (индекса аэродрома) и нажатия клавиши ВВОД. При этом 23-я строка очищается, 1-я и 24-я строки остаются без изменений. Если введен ошибочный аргумент, на 23-ю строку ТЗИ выдается сообщение об ошибке ввода (рис. 4.5).

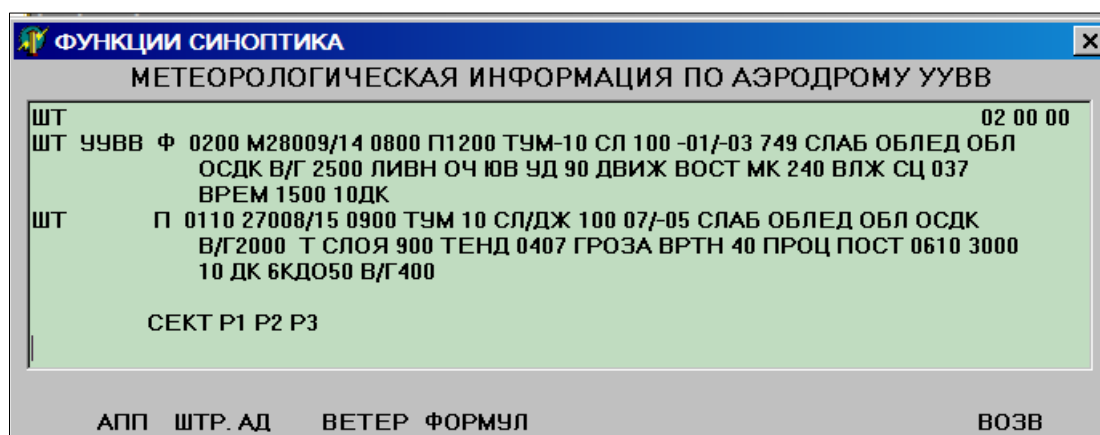


Рис. 4.5. Форма отображения метеоинформации по одному аэродрому

Для отображения метеорологической информации по определенному в аргументе аэродрому предусмотрено шесть строк. Первые три строки предназначены для отображения информации о фактической погоде, а три последующие – о прогнозируемой. При наличии штормовых признаков фактической или прогнозируемой погоды на первое знакоместо 1-й строки сообщения для привлечения внимания диспетчеров вводится сигнал «ШТ». После обозначения аэродрома отображается признак «Ф» или «П». Это означает,

что далее последует информация о фактической или о прогнозируемой погоде аэродрома. Состав и очередность расположения групп информации о фактической и прогнозируемой погоде определяется кодами ФАП и АПП. Формы облачности и атмосферные явления даются в сокращении согласно используемым кодам.

Сообщение о фактической погоде содержит следующую информацию:

- время наблюдения (часы, минуты);
- ветер у земли (направление, средняя и максимальная скорости);
- горизонтальная видимость;
- видимость на ВПП по ОВИ;
- явления погоды;
- облачность (количество, форма, высота нижней границы облаков);
- температура воздуха;
- точка росы;
- атмосферное давление (в мм рт. ст.);
- сведения о погоде, полученные от экипажей ВС.

Далее следует дополнительная информация в виде свободного текста, которая включает высоту верхней границы облаков, курс посадки, состояние ВПП, коэффициент сцепления и другие, а также прогноз на посадку.

Сообщение о прогнозируемой погоде содержит следующие данные:

- срок действия прогноза (начало – часы, окончание – часы);
- ветер у земли (направление, средняя и максимальная скорости);
- горизонтальная видимость;
- явления погоды;
- облачность (количество, форма, высота нижней границы облаков);
- максимальная температура;
- минимальная температура;
- обледенение;
- турбулентность.

Дополнительная информация представлена в виде свободного текста.

При активизации одной из подфункций функции «МЕТЕО» вызванная по аргументу метеорологическая информация исчезает, и на экране отображается информация, соответствующая активизированной подфункции.

Фактическая погода по аэродромам вызывается на отображение активизацией подфункции «ФАП» функции «МЕТЕО». На 1-й строке отображаются номер рассматриваемой страницы и общее количество страниц в списке, а на строках со 2-й по 21-ю – информация о фактической погоде по аэродромам в виде списка. На отображение метеоданных по каждому аэродрому предусмотрено три строки (рис. 4.6). В случае отсутствия необходимой метеорологической информации по конкретному аэродрому диспетчер имеет возможность анализировать имеющуюся в системе интегральную информацию по близлежащим аэродромам, активизируя подподфункцию «СЛ. СТР» (следующая страница).

Возврат к основным функциям ДПК осуществляется активизацией подподфункции «ВОЗВ».

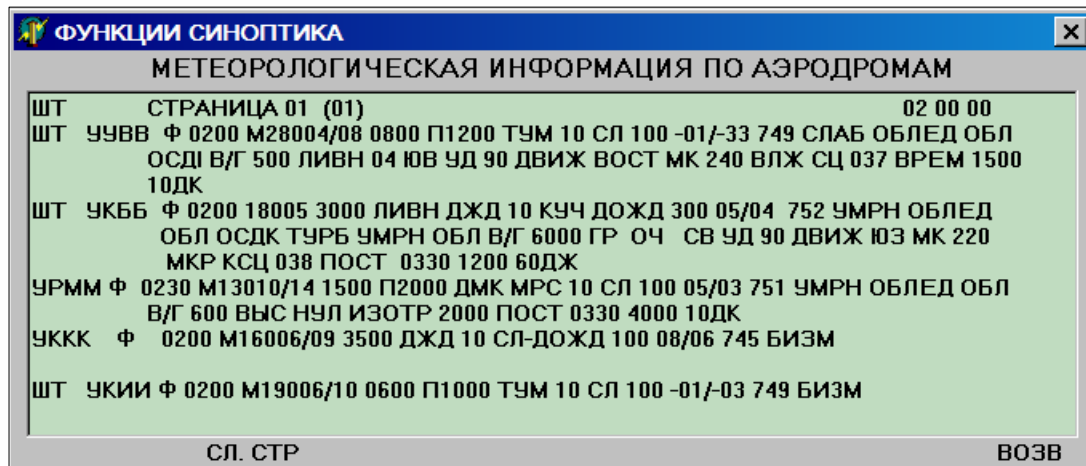


Рис. 4.6. Форма отображения фактической погоды по аэродромам

Прогнозируемая погода по аэродромам вызывается на отображение активизацией подфункции «АПП» функции «МЕТЕО». На 1-й строке отображаются номер просматриваемой страницы и общее количество страниц в списке. На 2–21-й строках отображается метеоинформация о прогнозе погоды по аэродромам (рис. 4.7) в виде списка. Подфункция имеет подподфункции «СЛ. СТР», «ПРИНЯТ», «ВОЗВ». Подподфункция «ПРИНЯТ» на рабочих местах диспетчера организации потоков, диспетчера взаимодействия и ассистента группы РПР не предусмотрена.

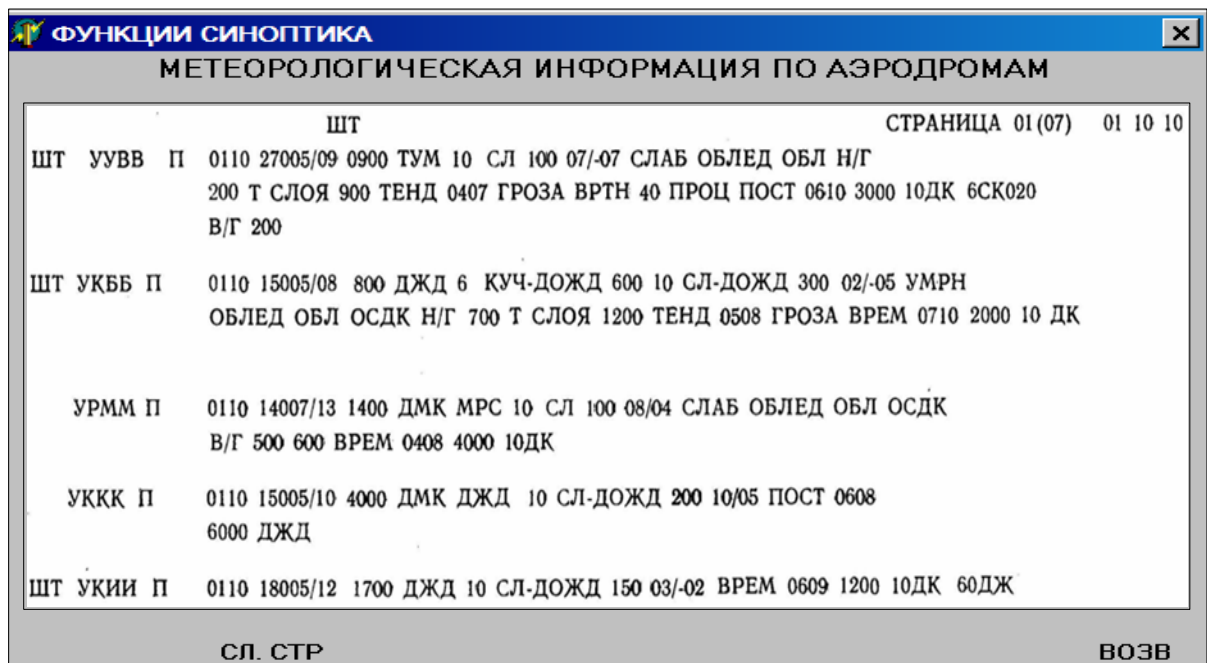


Рис. 4.7. Форма для отображения прогнозов погоды

Для вызова на экран списка аэродромов, имеющих штормовые признаки, используется подфункция «ШТР. АД» функции «МЕТЕО». На (2–21)-й строках отображаются обозначения «штормящих» аэродромов. Переход к основным функциям осуществляется активизацией подфункции «ВОЗВ».

На рабочих местах ДПК, ассистента группы УВД, ассистента группы РПР предусмотрен вызов формуляров к зонам опасных явлений погоды в районе ответственности РЦ (рис. 4.8). Для вызова формуляров используется

подфункция «ФОРМУЛ» функции «МЕТЕО». На экране отображаются порядковый номер зоны опасных явлений и краткая характеристика ожидаемой зоны (типы явлений, нижняя и верхняя границы уровней опасных явлений, направление и скорость перемещения). Переход к основным функциям осуществляется нажатием клавиши «ВОЗВ».

Прогноз ветра и температуры по трассам вызывается на экраны диспетчеров с помощью подфункции «ВЕТЕР». На (3-21)-й строках экрана отображается информация о ветре и температуре по трассам полетов для установленных высот. Для отображения информации по определенной трассе предусмотрена одна строка, где указывается (рис. 4.8):

- начало и конец маршрута;
- время действия прогноза;
- направление, скорость ветра и температура для высот, установленных технологией работы диспетчера.

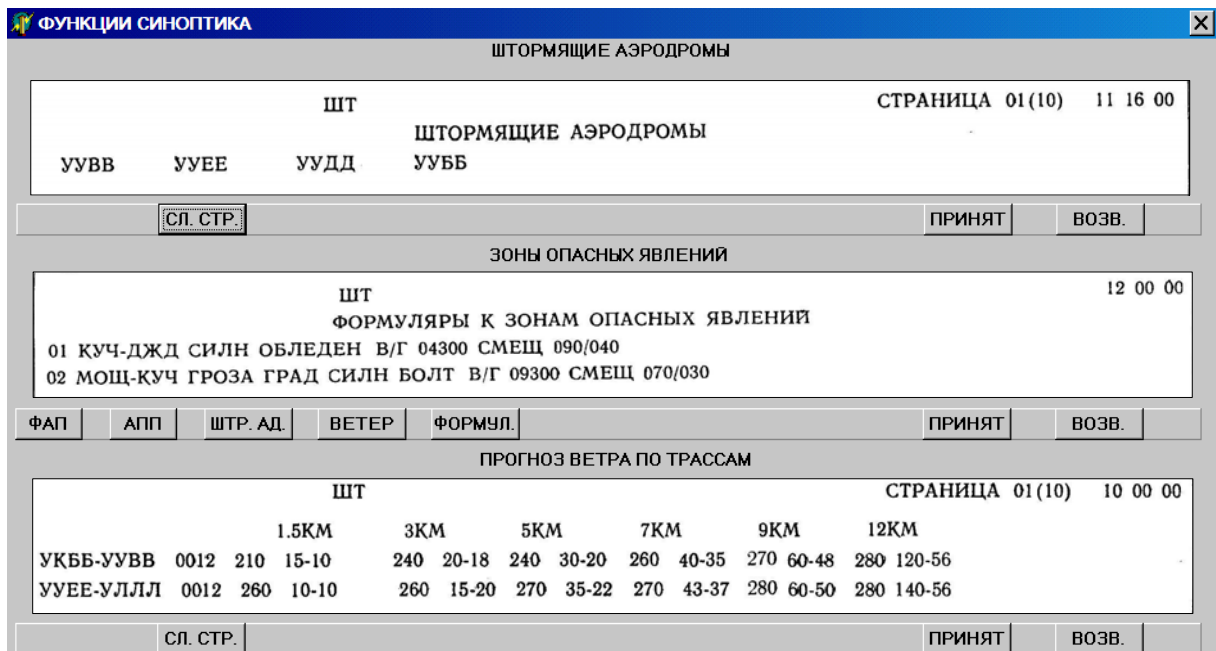


Рис. 4.8. Отображение метеорологических данных диспетчеру

При активизации одной из подфункций функции «МЕТЕО» вызванная метеоинформация исчезает и на ТЗИ отображается информация, соответствующая новой активизированной подфункции. Переход к основным функциям осуществляется активизацией подфункции «ВОЗВ».

4.2.3. ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДИСПЕТЧЕРАМ АЭРОДРОМА. Диспетчерам аэродромного командно-диспетчерского пункта (АКДП) ПО предоставляет данные о текущей боковой составляющей ветра на ВПП и сопоставляет их с максимально допустимыми для разных типов ВС. В случае превышения установленного предела, выдается сигнал диспетчеру о запрещении посадки для выбранного типа ВС на определенную ВПП (рис. 4.9). Состав информации: номер выбранной диспетчером ВПП, известный ПО коэффициент сцепления, время измерения боковой составляющей скорости ветра и сообщение системы о возможности посадки данного ВС на данную ВПП.

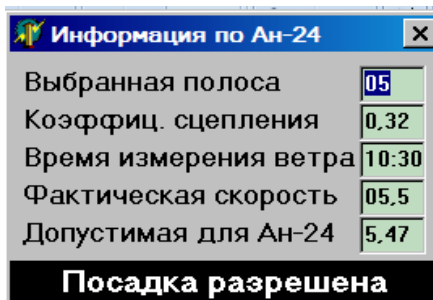


Рис. 4.9. Информация о боковой составляющей

- дальность видимости по приборам и по ОВИ;
- давление на пороге ВПП: QFE в мм. рт. ст. и Гпс, а также QNH в Гпс;
- информация свободного текста.

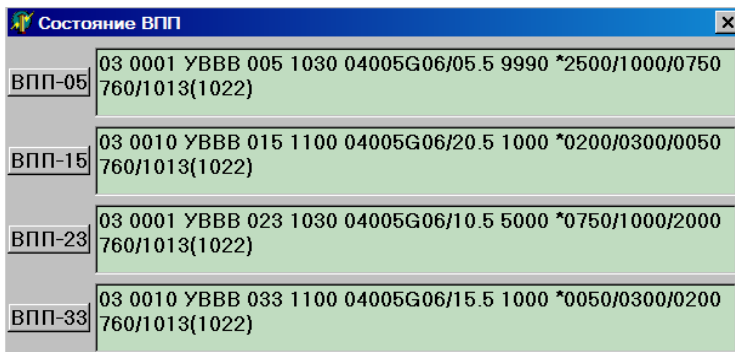


Рис. 4.10. Состояние всех ВПП аэродрома

ра элементов, которые имеются в БД (рис. 4.11). Появляется экранная форма, содержащая четыре раздела: полученный по телеграфу текст в коде METAR, текст в коде СПЕСИ, а также ТАФ с прогнозом на 9 часов и на 24 часа.

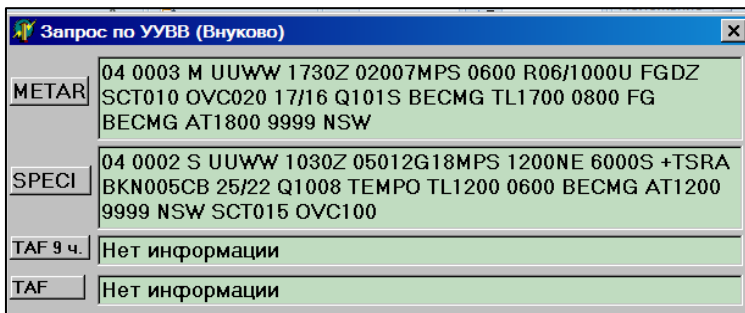


Рис. 4.11. Метеорологическая информация по аэродромам вне системы

Пример обобщенного отображения представлен на рис. 4.12. Основная информация сосредоточена в центре окна картины метеоявлений. Блоки по левую и правую стороны вспомогательные. В левой части экрана располагаются сведения о дате, времени и местоположении радиолокационной позиции, а также показатели высоты измеренного радиоэха в особых точках облачного образования. В правом блоке отображается расшифровка условных обозначений соответствия цветов, в которые окрашены квадраты зоны наблюдения, погодным условиям (на рис. 4.12 представлены оттенками серого).

Отображение информации по всем ВПП аэродрома выполняется с помощью экранной формы, представленной на рис. 4.10. Предусмотрены окна для каждой полосы, в которые упаковываются следующие данные:

- наименование ВПП;
- время наблюдения;
- группа характеристик ветра (курс, средняя скорость, максимальная скорость / боковая составляющая);

При запросе информации по всем аэродромам, находящимся на территории системы, диспетчер вызывает на экран окно выбора конкретного аэродрома и щелкает курсором мыши по нужному наименованию. В ответ ПО отображает данные о состоянии интересующих диспетче-

Вызов радиолокационной картины метеорологических явлений осуществляется в порядке, аналогичном действиям ДРУ (п. 4.2.1). Наиболее общее представление дает объединенная обстановка в горизонтальной плоскости, построенная по данным нескольких радиолокаторов.

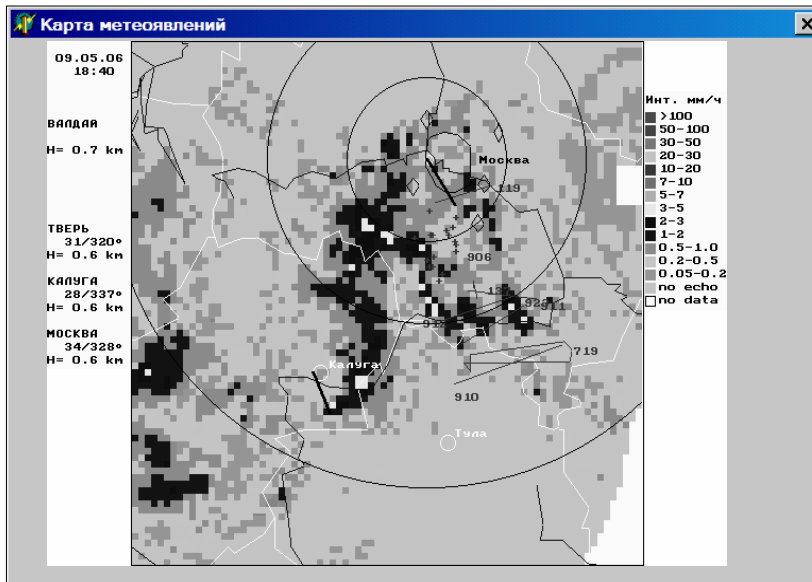


Рис. 4.12. Радиолокационная карта метеоявлений

погоды, формируемые (по выбору диспетчера) как ячейки ВП (15 x 15), (25 x 25), (30 x 30) км, окрашенные цветом, соответствующим определенному явлению погоды или его интенсивности;

- обозначения населенных пунктов для привязки карты к местности;
- карта района аэродрома (вызывается по специальному запросу).

При смене информации от метеородиолокатора производится ее автоматическое обновление на экранах рабочих мест диспетчеров. На рис. 4.13 представлена карта метеоявлений той же местности, что и на рис. 4.12, но по состоянию на 3 часа 20 минут позднее.

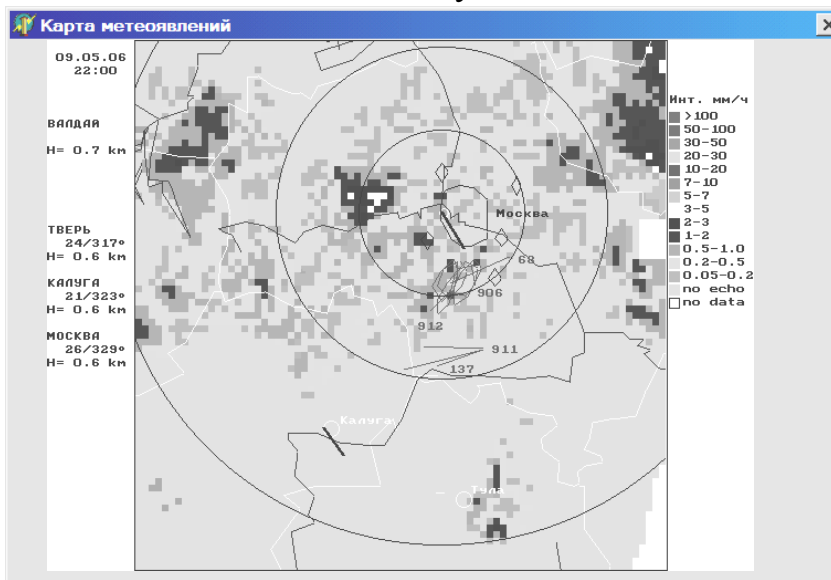


Рис. 4.13. Карта метеоявлений на 22.00

область находилась в передней части циклона в зоне конвективной неустойчивости, связанной с фронтом окклюзии и вторичным холодным фронтом с волнами. По данным аэрологического радиозондирования в г. Долгопрудном утром 9 мая в нижней тропосфере наблюдался слабый восточный ветер. С высотой ветер постепенно усиливался до 45 м/с на высоте 8,5 км и изменял

В приведенном на рис. 4.12 примере представлено распределение осадков в зоне видимости радара, установленного на позиции г. Валдай. Расцветка квадратов соответствует интенсивности явления в мм/час.

В центральном блоке представлены

- кольца дальности относительно точки стояния радиолокатора;

- квадраты явлений

Как следует из рис. 4.12 и 4.13, наблюдения фиксировались 9 мая 2006 года. Метеорологические условия в тот день определялись выходом активного «южного» циклона на Центральный район Европейской территории РФ с Балканского полуострова через юг Украины. Скорость перемещения центра циклона не превышала 20-25 км/ч. К утру 9 мая Московская

направление на южное. Утром нулевая изотерма находилась на высоте 1400 метров. Относительная влажность воздуха до высоты 3-4 км изменялась от 90% до 60%. Выше, вплоть до тропопаузы, наблюдалось чередование слоев с пониженной влажностью от 10% до 55%. Температура воздуха у земли утром составляла 9° градусов и в дневные часы поднялась до 16° градусов. Массивы многослойной облачности и маскированных конвективных ячеек перемещались с юго-востока от Москвы на северо-запад со скоростями от 10 до 35 км/ч. По данным радиолокационных наблюдений интенсивность осадков составляла от 2 до 7 мм/час. При полетах в облаках в слое 3-6 км наблюдались болтанка и интенсивное обледенение. Вечерние часы характеризовались обострением приближившейся к Москве фронтальной системы, наблюдалась резкая интенсификация образования облаков и осадков. Процесс усугублялся тем, что время подхода фронтальной системы к Москве совпало с максимумом суточного хода температуры воздуха, вследствие чего наблюдалось интенсивное выпадение осадков.

Для запроса текущей орнитологической информации в районе аэродрома используется экранная форма рис. 4.14. В верхней части экрана по вызову диспетчера располагаются вложенные окна оперативной обстановки, полученные от всемирных и от национальных центров. На фоне карты местности с указанием сезонных ареалов обитания птиц средствами ПО отображаются данные наблюдений, поступившие от метеостанций, обобщенные с фрагментами картины радиолокационных наблюдений. В нижней части экрана представлены прогнозы миграции птиц.



Рис. 4.14. Отображение орнитологической обстановки на территории системы

Вопросы для самопроверки

Вопросы для самопроверки

1. В чем сходство и различие метеофункций синоптика и диспетчера?
2. Какие задачи метеорологического обеспечения возлагаются на ПО АС УВД, какие на метеорологическую группу?
3. В чем сходство и различие метеофункций ДРУ, ДПК и АКДП?
4. Какие метеорологические элементы отображаются диспетчерам по данным телеграфных сообщений, какие по кодограммам от радиолокаторов?
5. Каково назначение функции «расчет траекторий перемещения радиозондов» и на каких пультах она выполняется?
6. В чем отличие прямых метеофункций от функций с аргументом?
7. Предусмотрены ли прямые метеофункции на пультах диспетчеров?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная книга завершает серию «Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением», подготовленную кафедрой «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» Московского государственного технического университета гражданской авиации. В ней рассмотрены теоретические основы авиационной метеорологии, принципы сбора и алгоритмы обработки метеорологической информации, а также программные функции взаимодействия оперативного персонала с системой при вводе и вызове данных.

Первый раздел знакомит студента, готовящегося к работе в области проектирования систем управления воздушным движением, с предметной областью в конкретной задаче разработки алгоритмов и программ представления метеорологической информации авиадиспетчерам. Необходимый минимум знаний о строении атмосферы, об аэродинамике и о метеорологических факторах, препятствующих полетам воздушных судов, преподносится на достаточном теоретическом уровне, с привлечением элементов физики, математики и теоретических основ информатики, известных читателю по дисциплинам, усвоенным на младших курсах.

Второй раздел посвящен задачам преобразования данных, измеренных с помощью аппаратуры станций метеорологического наблюдения и радиолокаторами, в форматы отображения фактической и прогностической информации о текущем состоянии погоды и тенденциях ее изменения. Рассмотрены вопросы первичной обработки метеорологических данных, формирования и рассылки телеграфных сообщений, составу задач метеосистемы и последовательности их выполнения. Анализируются возможности использования и интерпретации данных, полученных от метеорологических радиолокаторов, критерии их оценки и совмещение с результатами наблюдений за погодой на метеостанциях.

Третий раздел излагает принятые в гражданской авиации правила взаимодействия авиадиспетчеров с метеосистемой, функции ввода и вызова данных о погоде, распределение обязанностей между метеорологической группой и оперативным персоналом центра управления полетами. Материал раздела основан на технических характеристиках районной автоматизированной системы управления воздушным движением, однако рассмотренные в нем функции характерны и для систем других уровней организации воздушного движения, как территориальных, так и технологических.

За время подготовки серии «Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением» в организационной структуре обслуживания воздушного движения Российской Федерации произошли существенные изменения, касающиеся правил государственного регулирования использования воздушного пространства. Созданы интегрированные органы управления движением воздушных судов государственной и гражданской авиации, объединены центры управления полетами авиации различных ведомств. Однако принципы алгоритмического и программного

обеспечения деятельности авиадиспетчеров не изменились, и актуальность данного учебного пособия сохранилась. На сегодняшний день это единственное учебное пособие для программистов, специализирующихся в области программного обеспечения авиационных систем.

Вместе с тем, за годы работы над серией появились новые идеи в сфере программной поддержки диспетчерского персонала, связанные с прогрессом компьютерных наук, с новыми возможностями интерфейса пользователя, в частности, с развитием коллективных средств отображения информации. Достижения современной информатики позволяют перешагнуть ограничения индивидуальных экранов и функций взаимодействия с вычислительным комплексом, позволяют перейти к действительно совместной работе диспетчеров смежных секторов территориальной системы за одним столом-планшетом, на котором отображается необходимая всем информация, упрощаются функции приема-передачи управления бортами, совмещаются данные всех взаимодействующих комплексов. К разработке такого программного обеспечения еще только приступают технологи управления воздушным движением, алгоритмисты и программисты, и перед выпускниками специальности 23.01.01 открываются перспективы участия в этих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушный кодекс Российской Федерации. - М.: Омега-Л, 2005. Адрес электронной версии в интернете – <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=83364;fld=134;dst=4294967295;div=LAW;fro=78273-0>
2. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России. - М.: 1995. Адрес электронной версии в интернете – <http://www.byavia.net/download/NMO.pdf>
3. **Лавский В.М., Кондратьев Н.Я., Жарков И.Н., Романов М.К., Буланов В.П., Лисодет В.Н., Исайчев В.В.** Карманный справочник авиационного штурмана. - М.: 1952. Адрес электронной версии в интернете – http://www.onixtour.com.ua/books/sh_hb/index.htm
4. **Богаткин О.Г.** Авиационная метеорология. Учебник. - СПб.: 2005. Адрес электронной версии в интернете – <http://www.iqlib.ru/book/preview/03DEB89FA53E4DC9B23E01107E7ECD40>
5. Методические рекомендации диспетчерам службы движения по работе с оборудованием районной автоматизированной системы управления воздушным движением. Под ред. Фетисова А.Ф. и Халявина А.М. - М.: 1988.
6. Авиационная метеорология. / Подборка материалов по темам. Учебное пособие для пилотов. - Екатеринбург: 2008. Адрес электронной версии в интернете – <http://www.centrmag.ru/book2804417.html>
7. **Лещенко Г.П.** Авиационная метеорология. / Учебник. - Кировоград: 2009.