

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования воздушного транспорта

М.Б. Фридзон

# ОСНОВЫ АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

**Учебно-методическое пособие**  
по проведению практических занятий

*для студентов II курса  
специальности 25.03.05  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2018

УДК 551.5:629.7(07)  
ББК 0571.7  
Ф88

Рецензент:  
*Козлов А.И.* – д-р техн. наук, проф.

**Фридзон М.Б.**  
Ф88 Основы авиационной метеорологии [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению практических занятий / М.Б. Фридзон. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 36 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы авиационной метеорологии» по учебному плану для студентов II курса специальности 25.03.05 всех форм обучения.

В пособии по выполнению практических занятий представлены теоретические сведения и практические задания для решения задач, касающихся теоретических основ авиационной метеорологии и практики метеорологического обеспечения полётов воздушных судов гражданской авиации. Задания снабжены перечнем необходимой литературы и рекомендациями к решению задач.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 27.04.2018 г. и методического совета 25.05.2018 г.

**УДК 551.5:629.7(07)**  
**ББК 0571.7**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 21.06.2018 г.  
Формат 60х84/16 Печ. л. 2,25 Усл. печ. л. 2,09  
Заказ № 336/0604-УМП05 Тираж 40 экз.

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2018

## Содержание

	Стр
<b>Общие организационно-методические указания по подготовке и проведению практических занятий</b>	4
<b>Практическое занятие №1.</b> Анализ отклонений параметров атмосферы от стандартных значений	6
<b>Практическое занятие №2.</b> Анализ влияния температуры на продолжительность полета по трассе и расход топлива	9
<b>Практическое занятие №3.</b> Определение потолка самолета	12
<b>Практическое занятие №4.</b> Оценка влияния ветра на полет воздушного судна	15
<b>Практическое занятие №5.</b> Влияние струйных течений на полет. Способы прогноза струйных течений	18
<b>Практическое занятие №6.</b> Использование метеорологических авиационных кодов при обмене метеорологической информацией	21
<b>Практическое занятие №7</b> Составление вертикального разреза атмосферы	24
<b>Практическое занятие №8.</b> Составление и обработка авиационных прогностических карт погоды	27
<b>Практическое занятие №9</b> Комплексный анализ атмосферных Процессов	34

## **Общие организационно-методические указания по подготовке и проведению практических занятий**

Пособие по практическим занятиям подготовлено в соответствии с программой дисциплины «Авиационная метеорология». Пособие содержит лабораторных работ. Каждая лабораторная работа включает описание и краткие методические указания по её выполнению. Цель пособия – освоение разделов авиационной метеорологии и приобретение практических навыков использования метеорологической информации при проведении профилактических и ремонтных работ с авиационной техникой на аэродромах ГА. Пособие подготовлено М.Б. Фридзоном на основе публикаций и разработок О.Г.Богаткина, Л.Т. Матвеева, Т.В. Сафоновой, А.В.Мешкова, В.А.Поздняковой, Рыхлова А.Б., Толмачёвой Н.И. и др. авторов.

### **Рекомендуемая литература**

1. Авиационная метеорология. Метеорология и экология в аэропортах. МУ по выполнен лабораторных работ, ч.2, СПб ГУ ГА, 2014г.
- 2 Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. - СПб.: изд. РГГМУ, 2005.
3. Баранов А.М., Богаткин О.Г. и др. Авиационная метеорология - СПб.Гидрометеиздат, 1992. - 352с.
4. Бабиков М. Авиационная метеорология. Воениздат МВС СССР. Москва,1951г.
5. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. СПб.: Гидрометеиздат, изд. 2-е, 1992, 272 с.
6. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991, 616 с.
7. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Гидрометиздат, СПб, 2000г, 778с
8. Мешков А.В. Основы авиационной метеорологии. М. АБМ.АЭРО, 2012, 26с
9. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология. Учебное пособие. Г Екатеринбург 2010 г
- 10 Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. -3 0 2 с.
1. Руководство по авиационной метеорологии. ИКАО Doc 8896, AN/893. Изд 9, 201 1 г
12. Рыхлов А.Б.Термодинамический анализ состояния атмосферы. Учебное пособие. Г.Саратов 20165 г
- 13.Сафонова Т.В. Авиационная метеорология: учеб. пособие Ульяновск: УВАУ ГА, 2005. – 215 с.
14. Таблицы стандартной атмосферы (ГОСТ 4401-86) М.: Госстандарт, 1986,- 43 с.
15. Толмачёва Н.И., Калинин Н.А.Аэрология. Методы зондирования атмосферы. Учебник. Пермь, 2011г, 336 с.

16. Указания по составлению авиационных прогностических карт погоды. - М.: Гидрометеиздат, 1984. - 18с.
17. Учебный авиационный метеорологический атлас. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. - Л.: Гидрометеиздат, 1990.

## Практическое занятие №1.

### Анализ отклонений параметров атмосферы от стандартных значений

**Цель работы** - изучить параметры стандартной атмосферы (СА);

приобрести навыки в построении кривой стратификации атмосферы и в использовании ее для оценки отклонений температуры и высоты изобарических поверхностей от стандартных значений.

Время – 2 часа

#### 1. Учебные вопросы

##### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЛЕТОВ

Полеты воздушных судов (ВС), происходят в атмосфере, и поэтому в большой степени зависят от ее строения и характеристик.

При выполнении штурманских и иных расчетов для различных условий атмосферы и сравнении результатов испытаний ВС во всем мире пользуются условной осредненной стандартной атмосферой (СА).

#### 2. Основные теоретические сведения

Согласно существующему ГОСТу стандартная атмосфера характеризуется следующими параметрами:

- температура воздуха на уровне моря  $T = 15^{\circ}\text{C} = 288\text{ K}$ ;
- вертикальный градиент температуры воздуха: до высоты 11 км.  $\gamma = 6,5^{\circ}\text{C}/\text{км}$ ; в слое 11- 20 км.  $\gamma = 0$ ;
- атмосферное давление у Земли на уровне моря  $P_0 = 1013,25\text{ гПа} = 760\text{ мм рт.ст.}$
- изменение давления с высотой происходит до уровня 11 км по закону политропной атмосферы, а в слое 11-20км - по закону изотермической атмосферы (см. лекции);
- относительная влажность воздуха на всех высотах  $R = 0\%$ ;
- ветер на всех высотах - штиль;
- скорость звука  $a = 20,05 \sqrt{T}$ , где  $a$  - скорость звука, м/с,  $T$  - температура воздуха, К.

Выше перечислены далеко не все параметры стандартной атмосферы. Все подробности можно найти в ГОСТ 4401-86, который дает распределение характеристик стандартной атмосферы до предельных высот полётов ГА и выше. Указанные параметры являются наиболее важными с точки зрения оценки влияния атмосферы на параметры полета воздушных судов.

Стандартная атмосфера чаще всего используется для решения задач, связанных с переходом от фактически наблюдающихся атмосферных условий к стандартным, и задач, связанных с учетом отклонения фактических условий от стандартных для получения реальных значений интересующих нас параметров.

Задачи первого вида называются приведением результатов летных испытаний воздушных судов к стандартным условиям. Задачи второго вида связаны с учетом влияния метеорологических параметров на полет воздушного судна и на показания некоторых аэронавигационных приборов.

### 3. Задание на практическое занятие

#### Материалы для работы

1. Бланк аэрологической диаграммы.
2. Данные температурно-ветрового зондирования атмосферы.
3. На бланке аэрологической диаграммы построить кривую стратификации для минимальной (арктической) и максимальной (тропической) стандартной атмосферы.
4. С помощью аэрологической диаграммы определить высоту (с точностью до 0,1 км) и температуру (с точностью до 0,1°C) для основных изобарических поверхностей от 1000 до 100 гПа.
5. На бланке аэрологической диаграммы по данным предложенным преподавателем построить кривые стратификации атмосферы для пунктов, указанных преподавателем. По построенным кривым определить отклонения температуры воздуха и высоты от стандартных значений.

#### Методические указания

1. Кривые стратификации атмосферы для арктической и тропической стандартной атмосферы строятся на бланке аэрологической диаграммы с использованием данных табл. 1.1, в которой приведены предложенные преподавателем отклонения температуры максимальной и минимальной стандартной атмосферы СА от «обычной» стандартной атмосферы.
2. С помощью бланка аэрологической диаграммы, используя стандартную шкалу высот и стандартную стратификацию, заполнить таблицу 1. 2.

Таблица 1.2. Температура и высота основных изобарических поверхностей для стандартных условий

Р гПа 1000 925 850 700 500 400 300 250 200 150 100

Нст км

3. На бланке аэрологической диаграммы построить кривые стратификации атмосферы для пунктов, указанных преподавателем.

Отклонения температуры и отклонения высот от стандартных значений определить по аэрологической диаграмме по формулам:

$$\Delta T = T_f - T_{ca}, \quad (1.1)$$

$$\Delta H = H_f - H_{ca}, \quad (1.2)$$

где  $\Delta T$  и  $\Delta H$  - соответственно отклонения температуры и высоты от стандартных значений;  $T_f$  и  $H_f$  - фактическая температура и высота изобарической поверхности;  $T_{ca}$  и  $H_{ca}$  - температура и высота изобарической поверхности в стандартных условиях.

Результаты расчетов представить в виде таблицы, форма которой указана преподавателем. (Таблица 1.3)

**Вопросы для самопроверки**

1. Чему равна температура воздуха у земли в стандартных условиях?
2. Как изменяется температура воздуха с высотой в стандартной атмосфере (СА)?
3. Какая температура воздуха в СА должна быть на высоте 10000 м?
4. Чему равно атмосферное давление у земли в стандартной атмосфере?
5. Чему равна влажность воздуха на высоте 3 км в стандартной атмосфере?
6. Чему равна скорость ветра в стандартной атмосфере на высоте 11 км?
7. Определите температуру воздуха в нижней стратосфере в стандартных условиях.

*Отчетный материал*

1. Бланк аэрологической диаграммы с нанесенными кривыми стратификации для максимальной и минимальной стандартной атмосферы, а также кривыми стратификации для пунктов, указанных преподавателем.
2. Представленная табл. 1.2 со значениями температуры и высоты на основных изобарических поверхностях для стандартных условий.
3. Представленная табл. 1.3 с данными об отклонениях фактических значений температуры и высоты от стандартных.

Заполняя табл. 1.3, необходимо из приложения переписать столбцы 1-3, используя аэрологическую диаграмму, записать столбцы 4 и 5, а затем рассчитать по приведенным выше формулам значения отклонений, необходимых для заполнения двух последних столбцов.



## Практическое занятие №2. Анализ влияния температуры на продолжительность полета по трассе и расход топлива

**Цель работы** - изучить и оценить влияние температуры воздуха на эшелоне полета на продолжительность полета и расход топлива.

**Время** – 4 часа

### 1. Учебные вопросы

#### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА И РАСХОД ТОПЛИВА

Дальность полета — это расстояние, которое может пролететь воздушное судно в одном направлении при определенном запасе топлива. Она складывается из участков набора высоты, горизонтального полета и снижения.

Участок горизонтального полета составляет примерно 85% всего расстояния для самолетов средней дальности и 95% для самолетов большой дальности.

Для решения метеорологических задач будем условно считать, что полет по всей трассе происходит горизонтально.

Дальность и продолжительность полета при запасе топлива  $G_T$  определяется по известным километровому расходу топлива  $S_k$  и часовому расходу топлива  $S_ч$ . Километровый расход топлива - это расход топлива в килограммах, необходимый для того, чтобы самолет пролетел расстояние в 1 км, а часовой расход топлива - это количество топлива, которое самолет расходует за один час полета. Обычно летный состав при проведении инженерно-штурманских расчетов пользуется часовым расходом топлива.

### 2. Основные теоретические сведения

Зависимость часового расхода топлива от атмосферных условий можно выразить соотношением

$$S_ч = S_{ч,са} \sqrt{T/T_{са}} \quad (2.1)$$

где  $S_{ч,са}$  и  $S_{ч,са}$  - часовой расход топлива в реальных условиях и в стандартной атмосфере соответственно, кг/ч;  $T$  и  $T_{са}$  -- фактическая и стандартная температура воздуха соответственно на эшелоне полета.

### 3. Задание на практическое занятие

#### Материалы для работы

1. Авиационная карта погоды (АКП).
2. Исходные данные о маршруте полета и температуре воздуха на эшелоне.

#### Методические указания

1. Скорость полета в стандартных условиях для заданного числа  $M$  на выбранном эшелоне полета определить по формуле

$$V_{са} = M \cdot a, \quad (2.2)$$

где  $a$  - скорость звука, м/с;  $a = 20,05 \sqrt{T}$ ;

$T_{ca}$  - стандартная температура на эшелоне полета, К.

2. Для определения фактической скорости полета самолета на эшелоне следует воспользоваться формулой

$$U_f = U_{ca} \sqrt{T_f / T_{ca}}, \quad (2.3)$$

где  $U_f$ ,  $V_{ca}$  - соответственно фактическая скорость полета самолета и скорость полета в стандартных условиях;  $T_f$ ,  $T_{ca}$  - фактическая температура воздуха и стандартная температура воздуха на эшелоне полета.

3. Фактический часовой расход топлива  $S_{ч}$  при различных отклонениях температуры воздуха от стандартной определить по формуле (2.1).

4. Результаты расчетов для пп. 2 и 3 записать в табл. 2.1, а затем данные расчетов изобразить графически в тетради в удобном для работы масштабе. При построении графика по горизонтальной оси откладывать значения  $AT$ , а по вертикальной - значения фактической скорости полета и фактического часового расхода топлива.

### Таблица 2.1

$T_{ca} = U_{ca} = S_{ч,ca} =$  (условия задаются преподавателем)

5. Если маршрут полета задается на АКП, то весь маршрут следует разбить на участки и для каждого участка определить фактическую скорость полета, фактический расход топлива и фактическое время пролета каждого участка и всей трассы.

6. Разбивку трассы на участки производить таким образом, чтобы на концах каждого участка разность температур составляла 2-3 °С. При выполнении расчетов средняя температура на участке принимается за фактическую  $T_f$ .

7. Полученные результаты расчета записать в таблицу следующего вида (табл.2.2).

### Таблица 2.2

Номер участка  $S$  км  $T_f$  К  $\sqrt{T_f / T_{ca}}$   $U_f$  км/ч  $S_{ч}$  кг/ч  $G_f$  кг  $T_{ca}$  К

8. Сравнить полученные результаты фактического времени полета и фактического расхода топлива со стандартными значениями. Стандартные значения указанных величин взять из условий предыдущей задачи

Варианты для выполнения работы предлагаются преподавателю.

### Порядок выполнения работы

1. Для заданного типа самолета, числа  $M$  и эшелона полета определить скорость полета в стандартных условиях.

2. Рассчитать фактическую скорость полета самолета на эшелоне при отклонениях температуры воздуха от стандартной на  $\pm 5, 10, 15,$  и  $20^\circ\text{C}$ .

3. Определить фактический часовой расход топлива при отклонениях температуры воздуха от стандартной на  $\pm 5, 10, 15,$  и  $20^\circ\text{C}$  (данные о часовом расходе топлива в стандартных условиях для различных типов самолетов приведёт преподаватель)

4. Для трассы на карте АКП или варианта приложения, указанного преподавателем, рассчитать фактическое время полета по маршруту и

фактический расход топлива. Полученные результаты сравнить со стандартными условиями.

5. Проанализировать полученные результаты.

### **Вопросы для самопроверки**

1. От чего зависят дальность и продолжительность полета?
2. Как влияет отклонение температуры воздуха от стандартной на часовой расход топлива?

*Отчетный материал*

1. Заполненные таблицы (табл. 2.1 и 2.2).
2. График, построенный на отдельном листе по данным табл.2.1.
3. Построенная на АКП трасса полета с указанием номеров и границ участков (делается в том случае, если задание дается по карте, а не по данным преподавателя)

### **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Исходные данные

Вариант I

Самолет ИЛ-62,  $M = 0,75$ , сч сл = 8620 кг/ч,  $H = 9000$  м

Самолет ИЛ-62,  $M = 0,80$ , сч.сл = 8970 кг/ч,  $H = 11000$  м

### Практическое занятие №3. Определение потолка самолета

**Цель работы** - научиться определять высоту потолка самолета и оценивать степень влияния на нее отклонений температуры воздуха от стандартных значений.

**Время**- 2 часа

#### 1. Учебные вопросы

#### ПОТОЛОК САМОЛЕТА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

Потолок самолета (вертолета)- это наибольшая высота, на которую он может подняться при определенном режиме полета. Потолок воздушного судна зависит от физического состояния атмосферы. Полет самолета вблизи потолка является наиболее экономичным, так как с высотой уменьшается расход топлива и повышается дальность полета.

По мере подъема на высоту избыток тяги уменьшается, т.е. одновременно уменьшается и вертикальная скорость набора высоты самолетом. Высота, на которой избыток тяги и вертикальная скорость равны нулю, называется теоретическим потолком. На этой высоте возможен только горизонтальный полет на наивыгоднейшей скорости.

Достигнуть теоретического потолка воздушное судно практически не может, так как по мере приближения к нему избыток тяги становится все меньше, и для набора оставшейся высоты потребуется затратить слишком много времени и топлива. Поэтому в авиации введено понятие практического потолка, определяемого как высота полета, на которой максимальная вертикальная скорость равна 0,5 м/с для поршневых и 5 м/с для реактивных самолетов.

#### 2. Основные теоретические сведения

Потолок самолета в тактико-технических данных указывается всегда для стандартных атмосферных условий, а температура воздуха у земли и на высотах и атмосферное давление у земли могут значительно отличаться от этих значений. Потолок самолета при повышении температуры воздуха на высотах и уменьшении давления у земли уменьшается и наоборот. Это совершенно очевидно, так как повышение температуры воздуха и уменьшение атмосферного давления приводят к уменьшению плотности воздуха, что, в свою очередь, напрямую сказывается на тяге двигателей самолета и как следствие - на его потолке.

Отклонение потолка самолета от стандартного значения ( $\Delta H_{,T}$ ) можно рассчитать по формуле

$$\Delta H_{nm} = H_{nm,\phi} - H_{nm,ca} = - (P_{o,\phi} - P_{o,ca}) \cdot 8 \sim (T_{n,\phi} - T_{n,ca}) \cdot 8 \text{ 0, (3.1)}$$

где  $P_{o,\phi}$ ,  $P_{o,ca}$  ~ фактическое и стандартное атмосферное давление у земли, гПа;

$T_n$ , ф,  $T_n$ , са - фактическая и стандартная температура воздуха на высоте потолка самолета, °С.

Иногда для расчетов используют упрощенную формулу

$$\Delta T_{нпт} = \kappa \Delta T_n, \quad (3.2)$$

где  $\kappa$ - коэффициент; для разных типов самолетов этот коэффициент различен и равен для самолета ТУ-134  $\kappa = - 40$  м/°С, для самолета ТУ-154  $\kappa = - 55$  м/°С, а для самолетов ИЛ-62 и ИЛ-86  $\kappa = - 100$  и  $-130$  м/°С соответственно;

$\Delta T_n$ -отклонение температуры воздуха от стандартной на высоте потолка самолета.

### 3.Задание на практическое занятие

#### Материалы для работы

1. Синоптический материал из Учебного авиационного метеорологического атласа или исходные данные, выданные преподавателем.
2. Лист миллиметровой бумаги.

Порядок выполнения работы

3 Для трассы, указанной преподавателем, или по полученным от него исходным данным определить фактический потолок самолета на каждом участке трассы. При использовании Атласа все карты погоды брать за один и тот же срок наблюдений.

4. Построить график отклонения фактического потолка самолета от стандартного значения для всех участков трасы.

5. Проанализировать полученные результаты.

#### Методические указания

1. Для выполнения работы следует использовать исходную информацию (трассу), которая была вам задана при выполнении предыдущей работы.

2. Отклонение потолка самолета от стандартного значения рассчитать по формулам (3.1) и (3.2).

3. При выполнении расчетов по формулам значения давления у земли снимать с приземной синоптической карты или взять из таблицы приложения для своего варианта.

4. Значение фактической температуры для каждого участка трассы взять из данных предыдущей работы или определить по карте АКП, а стандартную температуру - по аэрологической диаграмме (или рассчитать самостоятельно) в зависимости от заданного эшелона полета.

5. При построении графиков отклонений потолка самолета от стандартного следует выбрать масштаб: по вертикали 1 см - 250 м, а по горизонтали 1 см - 150 км.

6. При анализе построенных кривых сравнить результаты расчетов по формулам (3.1) и (3.2), а затем оценить отклонение потолка от стандартного и разность полученных результатов при использовании той или другой формулы.

### Вопросы для самопроверки.

1. Что называется потолком самолета?
2. Какие параметры атмосферы влияют на отклонение потолка самолета от стандартного значения?
3. В чем отличие теоретического и практического потолка самолета?
4. Как можно определить фактическую высоту потолка самолета?

#### *Отчетный материал*

1. Таблица с результатами расчета следующего вида:

**Номер участка**  $P_{оф}$ , гПа  $\Delta P_{оф}$ , гПа  $T_{нф}$ , °C  $\Delta T_{нф}$ , °C  $\Delta H(3.1)$  м  $\Delta H(3.2)$  м

2. Построенный график отклонений потолка самолета от стандартного, рассчитанный по формулам (3.1) и (3.2).

3. Составленный на отдельном листе анализ полученных результатов должен содержать следующие данные:- участки с максимальным и минимальным отклонением потолка самолета от стандартного;

- перепад высот потолка по заданному маршруту;

- максимальная и минимальная разность высот при расчете потолка по формуле (3.1) и (3.2).

### ПРИЛОЖЕНИЕ

Исходные данные об атмосферном давлении ( $P_0$ , гПа) у земли на отдельных участках трассы (представляются преподавателем)

## Практическое занятие №4.

### Оценка влияния ветра на полет воздушного судна

**Цель работы** - научиться оценивать влияние скорости и направления ветра на взлет, полет и посадку самолета.

**Время** - 4 часа

#### 1. Учебные вопросы

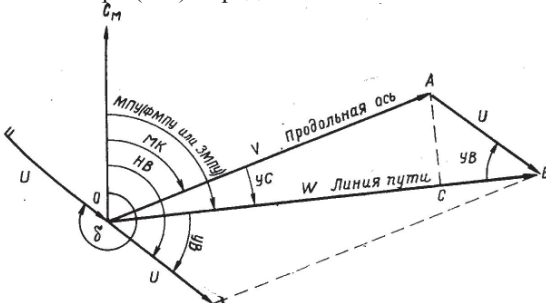
##### ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ВЗЛЕТ, ПОЛЕТ И ПОСАДКУ САМОЛЕТА

Направление и скорость ветра оказывают значительное влияние на движение любого воздушного судна.

Взлет и посадка самолета всегда производятся против ветра. Это увеличивает устойчивость и управляемость самолета, уменьшает время и длину разбега при взлете, а также время и длину пробега при посадке. Ветер оказывает существенное влияние на характеристики крейсерского полета самолета (полета по маршруту). Их изменение под действием ветра можно оценить, если воспользоваться так называемым навигационным треугольником скоростей и с его помощью решить все возникающие навигационные задачи (рис.4.1).

#### 2. Основные теоретические сведения

Угол ветра (УВ) определяем:



**Рис.4.1.** Навигационный треугольник скоростей.

Навигационный треугольник скоростей образуется вектором воздушной скорости – продольная ось  $(V)$ , вектором скорости ветра  $(U)$  и вектором путевой скорости – линия пути  $(W)$ . Последний представляет собой векторную сумму воздушной скорости и скорости ветра. Иными словами, если самолет летит со скоростью  $(V)$ , а реальный ветер его сносит в направлении и со скоростью  $(U)$ , то результирующее передвижение самолета будет происходить по направлению вектора  $(W)$ .

Обязательными элементами навигационного треугольника скоростей являются и его углы:  $\gamma$  - курс самолета;  $\alpha$  - путевой угол (МПУ);  $\Phi$  - угол сноса (УС);  $\epsilon$  - угол ветра (УВ) и  $\beta$  - направление ветра (НВ).

После того как мы обозначили все элементы навигационного треугольника, этот треугольник можно «заставить» работать. То есть, глядя на рис.5.1 и приведенные выше обозначения сторон и углов, можно записать:

$$\Phi = \alpha - \gamma \quad (4.1)$$

$$U / \sin \Phi = V / \sin \epsilon \quad (4.2) \quad \text{или}$$

$$\sin \Phi = U / V \cdot \sin \epsilon \quad (4.3)$$

$$\Phi = \arcsin (U/V) \quad (4.4)$$

$$W_{cp} = V_{cp} + U_{cp} = \cos \Phi + U \cos \epsilon; \quad (4.5)$$

Продолжительность полета  $t$  (ч) на участке трассы длиной  $S$  (км) можно определить по формуле

$$t = S/W, \quad (4.6)$$

а фактический расход топлива при пролете каждого участка - по формуле

$$G_{m,\Phi} = C_{r,\Phi} \quad (4.7)$$

### 3. Задание на практическое занятие

Таким образом, используя информацию о поле фактического или прогнозируемого ветра по трассе, можно оценить изменение продолжительности полета по сравнению со стандартными (штилевыми) условиями, определить расход топлива на отдельных участках трассы и по всей трассе в целом и дать **рекомендации по оптимизации режима полета с учетом ветра или по выбору оптимальной траектории полета.**

#### Материалы для работы

1. Синоптический материал из Учебного атласа (приземная и высотные карты, которые использовались в лабораторной работе 3).

#### Методические указания

1. Для выполнения данной работы использовать трассу (табличные исходные данные), которые были указаны преподавателем при выполнении лабораторной работы 3.

2. Определить по карте АКП или по табличным исходным данным навигационные характеристики на участках трассы и характеристики ветра. Для определения путевого угла и направления ветра воспользоваться транспортиром или табличными данными, скорость ветра осреднить по участкам трассы (взять из таблицы), а значения воздушной скорости  $V$  на участках взять из результатов расчетов, полученных при выполнении лабораторной работы 3.

Расчет параметров полета с учетом ветра проводить по формулам (4.1) — (4.7), вытекающим из решения навигационного треугольника скоростей.

Результаты расчетов записать в таблицу, форма которой представлена ниже.

**Номер участка S км V ф км/ч  $\alpha^\circ \beta^\circ U$  км/ч  $\epsilon^\circ \Phi^\circ Y W$  км/ч t ч G-г.ф**



При заполнении граф 1-3 таблицы исходную информацию взять из лабораторной работы 3. Графы 4-6 заполнять по данным, взятым с АКП или из своего варианта приложения к работе. Остальные характеристики (графы 7- 12) рассчитываются по приведенным выше формулам.

2. Под таблицей записать сведения о продолжительности полета по трассе и расходе топлива в стандартных условиях, с учетом реального поля температуры (лабораторная работа 3) и с учетом реального поля температуры и ветра (данная работа). При анализе полученных результатов обратить внимание на отклонение скорости полета и изменение продолжительности полета и расхода топлива по сравнению с условиями в стандартной атмосфере.

Порядок выполнения работы

1. Определить для отдельных участков трассы, указанной преподавателем, угол сноса самолета, курс и путевую скорость, а также продолжительность полета по отдельным участкам и по всей трассе.
2. Для решения задачи воспользоваться результатами расчетов воздушной скорости, полученными в лабораторной работе 3.
3. Сравнить время полета по маршруту в стандартных условиях со временем полета по этому же маршруту с учетом ветра и температуры.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как изменяются взлетно-посадочные характеристики самолета под влиянием ветра?
2. В чем заключается опасность сильного бокового ветра при взлете и посадке самолета?
3. Как влияет ветер на скорость полета воздушного судна?
4. Как меняется направление полета воздушного судна под действием ветра?
5. С помощью каких формул определяется путевая скорость и угол сноса самолета?
6. Как оценить изменение продолжительности полета под действием ветра?

### *Отчетный материал*

1. Заполненная таблица со всеми выполненными расчетами и составленный на отдельном листе анализ, в котором должно быть отражено:
  - время полета в стандартных условиях и в реальном поле температуры и ветра;
  - оценка вклада полей температуры и ветра в изменение общей продолжительности полета по трассе;
  - оценка вклада поля ветра в изменение воздушной скорости.
2. Нарисованный навигационный треугольник скоростей для «своих» значений путевого угла и направления ветра.

## Практическое занятие №5. Влияние струйных течений на полет. Способы прогноза струйных течений

**Цель работы** - изучить методы диагноза и прогноза струйных течений.

**Время** - 2 часа

### 1. Учебные вопросы

Для авиации струйные течения (СТ) имеют большое значение. При полете самолета в зоне струйного течения путевая скорость значительно отличается от воздушной, что обусловлено большой скоростью ветра, нередко достигающей на оси струи значений 200 км/ч и более. Самолет, пересекая область струйного течения, испытывает значительный снос. Так, при боковом ветре на оси СТ, скорость которого составляет 200 км/ч, максимальный угол сноса достигает  $14^\circ$ . Естественно, это приводит к необходимости внесения поправок в курс самолета. Часто в зоне СТ отмечается интенсивная атмосферная турбулентность, которая может значительно осложнить полет.

При метеорологическом обеспечении полетов информация о местоположении и интенсивности струйного течения играет важную роль. Сведения о высоте оси струйного течения и скорости ветра на его оси наносятся на авиационную прогностическую карту уровня 300 гПа, а также используются для уточнения прогноза ветра на больших высотах (вблизи оси струйного течения).

Для диагноза и прогноза струйных течений применяются (используются) фактические и прогностические карты барической топографии уровней 400, 300 и 200 гПа, а также карты максимального ветра. Струйные течения обнаруживаются на них по сгущению изогипс в высотных фронтальных зонах.

Детальный анализ распределения ветра в струйных течениях основан на построении вертикального профиля ветра *по данным температурно-ветрового зондирования* атмосферы. В авиационных прогнозах погоды о струйном течении нужно сказать о направлении ветра, его максимальной скорости на оси струи, высоте оси струйного течения и толщине струйного течения (высоте верхней и нижней границы струи). Всю информацию о струйном течении, кроме направления ветра, которое всегда определяется синоптическим методом, можно определить, используя метод прогноза, предложенный Е. Рейтером. Е. Рейтер предложил по данным зондирования атмосферы в произвольном масштабе построить график, исходными данными для которого являются высота поверхности и скорость ветра (рис. 5.1). Все точки с исходной информацией последовательно соединяются между собой отрезками прямых линий, причем построение этой ломаной линии производится как сверху, так и снизу (от верхней точки вниз и от нижней точки вверх). Каждая ветвь линии проводится до одного из двух максимальных значений скорости ветра.

## 2. Основные теоретические сведения ДИАГНОЗ И ПРОГНОЗ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Эти значения не соединяются между собой отрезком прямой, а построение делается так, как показано на рис.5.1 (по прямой продлевается «последний» нижний и верхний отрезок ломаной линии до их пересечения). Эта точка пересечения укажет высоту оси струйного течения, максимальную скорость на оси струи, а разница в высотах точек Е и Д дает представление о толщине струйного течения (ведь граница струйного течения это изотакса 30 м/с).

Рис.5.1. Определение максимальной скорости ветра, высоты оси и мощности струйного течения (Получить у преподавателя)

### 3. Задачи на практическое занятие

#### Материалы для работы

1. Данные температурно-ветрового зондирования атмосферы.
2. Лист бумаги.

Порядок выполнения работы

3. Раскодировать данные температурно-ветрового зондирования атмосферы из приложения, указанные преподавателем.
4. Построить график для прогноза струйного течения по методу Е. Рейтера.
5. Определить по графику параметры струйного течения, необходимые для обеспечения авиации.

#### Методические указания

1. Данные температурно-ветрового зондирования атмосферы (приложение) раскодировать с помощью кода КН-04 и записать по форме таблицы.  
Нкм р гПа Т, °С д °с dd ° ff м/с
2. Вертикальный профиль скорости ветра построить на отдельном листе в масштабе: по вертикали 1 см - 1 км, по горизонтали 1 см - 5 м/с.
3. Для определения высоты оси струйного течения, максимальной скорости ветра на оси струи и толщины струйного течения использовать метод Е. Рейтера.
4. На вертикальном профиле ветра (рис 5.1) выделить четыре точки, в которых наблюдаются наибольшие значения скорости ветра. Эти точки попарно соединить отрезками прямых линий и продолжить до пересечения. Координаты точки пересечения на графике укажут максимальную скорость ветра и высоту оси струйного течения. Толщину струйного течения определять так, как было указано выше.
5. Нанести на график высоты ближайших к оси струи эшелонов полета (выше и ниже оси), если путевой угол равен 130 и 250°.
6. Для указанных в п.5 путевых углов с учетом реального направления ветра (построить два навигационных треугольника скоростей).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что называется струйным течением?
2. Как влияет струйное течение на снос и путевую скорость самолета?
3. Как можно узнать (спрогнозировать) параметры струйного течения по методу Е. Рейтера?
4. Какая информация о струйном течении наносится на авиационные карты погоды?

#### *Отчетный материал*

1. Заполненная на отдельном листе таблица с раскодированными данными температурно-ветрового зондирования атмосферы
2. Построенный на отдельном (или том же) листе вертикальный профиль ветра с выделенными параметрами струйного течения (метод Е. Рейтера) и обозначенными эшелонами полета.
3. Построенные два навигационных треугольника скоростей.

## **Практическое занятие №6.**

### **Использование метеорологических авиационных кодов при обмене метеорологической информацией**

**Цель работы** - изучить метеорологические коды METAR и TAF, а также аэрологические коды КН-03 и КН-04 и приобрести практические навыки в раскодировании телеграмм, закодированных указанными кодами.

**Время** - 4 часа

#### **1. Учебные вопросы**

*Метеорологические авиационные коды.*

Для метеорологического обеспечения полетов производится обмен метеорологической информацией между аэропортами вылета, посадки и запасными аэропортами. Детальный порядок сбора и распространения метеорологической информации определяется «Наставлением по метеорологическому обеспечению гражданской авиации» (НМО ГА). Система сбора и распространения метеорологической информации дает возможность оперативным метеорологическим органам получать необходимые сведения о фактической и ожидаемой погоде в районах (на воздушных трассах) предстоящих полетов, в том числе сведения об опасных для авиации метеорологических явлениях.

#### **2. Основные теоретические требования**

Фактическая погода, прогноз и данные аэрологических наблюдений, как правило, передаются в закодированной форме. Для этой цели используются метеорологические авиационные коды: для передачи фактической погоды по аэродрому (код METAR) и прогнозов погоды (код TAF), аэрологические коды для передачи результатов наблюдений за ветром (код КН-03) и результатов температурно-ветрового зондирования атмосферы (код КН-04) и некоторые другие.

Все перечисленные выше коды являются международными, и с кодами КН-03 и КН-04 студентов знакомят на младших курсах. «Чисто авиационные коды» METAR и TAF по сравнению с уже известными кодами имеют некоторые особенности. Во-первых, в обоих кодах в группах может быть разное количество символов. Во-вторых, в группах этих кодов кроме цифр могут быть буквы латинского алфавита или даже некоторые символы (знак +, например). В-третьих, в телеграммах, закодированных кодом METAR (фактическая погода на аэродроме), передается информация о тенденции в изменении погоды на ближайшие два часа, т.е. прогноз погоды на два часа.

#### **Международный метеорологический авиационный код METAR.**

В начале каждой телеграммы ставится название кода METAR. В тех случаях, когда телеграммы объединены в сводку, слово METAR ставится только в начале сводки. Последовательность передачи информации,

закодированной этим кодом, остается постоянной, однако, если тот или иной элемент (явление) отсутствует, соответствующая группа или ее часть в телеграмме опускается. Отдельные группы или их части в соответствии с региональными соглашениями между странами - членами МОГА могут не использоваться. Некоторые группы кода могут повторяться несколько раз (например, при передаче информации о нескольких слоях облачности).

Срок наблюдения в телеграммах всегда указывается **по Гринвичу**.

Группа CAVOK - индикатор благоприятной погоды, включается в телеграмму вместо групп видимости, явлений погоды и облачности. Включение этой группы означает, что на аэродроме одновременно выполняются (наблюдаются) следующие условия: горизонтальная видимость у земли 10 км и более, высота нижней границы облаков 1500 м и более, отсутствуют кучево-дождевые облака, и нет осадков, грозы, пыльной бури, приземного тумана и поземка.

После информации о фактической погоде в телеграммах сообщается прогноз тенденции погоды для посадки самолетов на ближайшие 2 ч (прогноз типа TREND - см. код). В некоторых странах в конце телеграммы сообщается особой группой состояние ВПП (см. код).

#### **Международный метеорологический авиационный код TAF.**

В начале текста телеграммы всегда ставится слово TAF. В тех случаях, когда телеграммы объединены в общую сводку, слово TAF ставится только один раз в начале сводки. Отдельные группы кода могут быть опущены в телеграмме, если в прогнозе не ожидается элементов, указываемых в этой группе, или если сведений о них не требуется. Отдельные группы кода могут повторяться в телеграмме несколько раз в зависимости от характера погодных условий.

Полное описание прогнозируемых погодных условий должно включать информацию о ветре, видимости, явлениях погоды и облачности.

Группы, заключенные в схеме кода в скобки, не всегда используются в телеграммах TAF (см. схему кода).

### **3.Задание на практическое занятие**

#### **Материалы для работы**

Телеграммы с данными о погоде и аэрологических наблюдениях, закодированные кодами КН-03, КН-04, METAR и TAF.

#### **Методические указания**

1. Телеграммы, закодированные кодами METAR и TAF, раскодировать и данные о фактической погоде и прогнозах погоды записать в раскодированном виде на отдельном листе или на бланке.
2. Телеграммы, закодированные кодом КН-03, раскодировать и данные ветрового зондирования записать в таблицу вида  
Н, км RrPa dd град U м/с

3. Телеграммы, закодированные кодом КН-04, раскодировать, и данные температурно-ветрового зондирования записать в таблицу вида  
Н км Р гПа Т, °С Д °С О о ddград U, м/с

Порядок выполнения работы

1. Разобрать вместе с преподавателем порядок кодирования телеграмм каждым кодом.

-2. Самостоятельно раскодировать телеграммы одного из вариантов приложения, указанного преподавателем.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Каким образом кодируются данные о ветре на различных уровнях с помощью кода КН-03?

2. Каким образом кодируются данные о температуре, влажности и ветре на основных изобарических поверхностях и в особых точках с помощью кода КН-04?

3. В чем состоит основное назначение метеорологических кодов METAR и TAF?

*Отчетный материал*

Заскодированные телеграммы с данными о погоде в различных вариантах получить у преподавателя..

## **Практическое занятие №7**

### **Составление вертикального разреза атмосферы**

**Цель работы** - научиться правильно составлять и обрабатывать вертикальные разрезы атмосферы.

**Время** - 2 часа

#### **1. Учебные вопросы**

Вертикальные разрезы атмосферы и их использование для метеорологического обеспечения полетов.

Вертикальные разрезы атмосферы предназначаются для более наглядного представления условий погоды по какому-нибудь маршруту или району. При метеорологическом обеспечении полетов сверхзвуковых транспортных самолетов (СТС), а также при обеспечении так называемых «**особо важных рейсов**» вертикальные разрезы составляются всегда. В отдельных случаях они могут составляться также при обеспечении полетов по трассам большой протяженности, полетов по международным трассам и при обеспечении полетов в определенном районе.

На крупных АМСГ вертикальные разрезы иногда составляются по постоянным направлениям (например, южное, восточное и т.д.).

#### **2. Основные теоретические сведения**

Различают три типа вертикальных разрезов: пространственные, временные и пространственно-временные разрезы.

Пространственные разрезы строятся по результатам температурно-ветрового зондирования атмосферы, а также по данным инструментальных и визуальных наблюдений в один и тот же момент времени в нескольких пунктах. Временные разрезы составляются по данным наблюдений и измерений, а также по прогностическим данным в одном пункте.

Пространственно-временные разрезы представляют собой графическое изображение авиационных прогнозов погоды по маршрутам полетов.

#### **3. Задание на практическое занятие**

В данной работе рассматриваются правила построения и анализа только пространственных вертикальных разрезов, так как временные и пространственно-временные разрезы при метеорологическом обеспечении авиации используются крайне редко.

#### **Материалы для работы**

1. Бланк вертикального разреза или лист миллиметровой бумаги
2. Синоптический материал из Учебного авиационного метеорологического атласа или фактический синоптический материал (при его наличии по усмотрению преподавателя).



### Методические указания

1. Выбрать горизонтальный и вертикальный масштабы для построения вертикального разреза. Масштабы выбираются произвольно, но с таким расчетом, чтобы использовалась практически вся площадь бланка. При проведении всех построений ограничиться уровнем 200гПа (около 12000 м).
2. По маршруту наметить и отложить в масштабе по горизонтали не менее трех промежуточных пунктов. Из каждого пункта, включая начальный и конечный, провести вертикальную линию черным цветом (таких линий должно быть не менее пяти).
3. С учетом масштаба по высоте, используя приземную карту и карты барической топографии АТ-850, АТ-700, АТ-500, АТ-400, АТ-300 и АТ- 200, на вертикальные линии на соответствующих высотах нанести следующую информацию:
  - температуру воздуха (слева от вертикальной линии красным цветом);
  - дефицит температуры точки росы (под значением температуры черным цветом);
  - высоту изобарической поверхности (черным цветом справа от вертикальной линии);
  - направление и скорость ветра (черным цветом стрелкой с оперением по стандартным правилам);
  - под названием каждого пункта символами кода КН-01 нанести (снимается с приземной карты) фактическую погоду.
4. Перенести на бланк вертикального разреза положение атмосферных фронтов. Для этого в масштабе разреза отметить положение фронтов у земной поверхности по синоптической карте, а на различных уровнях – по картам барической топографии. В тех случаях, когда положение фронта по картам барической топографии определить трудно или невозможно, необходимо воспользоваться известными средними характеристиками:
  - наклон теплого фронта примерно равен 1/100, наклон холодного фронта 1/50.
 Линия фронтальной поверхности на разрезе проводится до тех высот, на которых она прослеживается по картам барической топографии в полях облачности, температуры или ветра. Если на высотах фронтальная поверхность выражена недостаточно четко, то линии основных фронтальных разделов проводятся до уровня 500 или 400 гПа, а вторичных - до уровня 850 гПа. Фронтальная зона выделяется двойной линией (цвет линии определяется видом фронта), а пространство между ними закрашивается тем же цветом.
5. Провести (красным цветом) изотермы, кратные 10°С, до температуры -50°С. В области тропопаузы, начиная с температуры -50°С и ниже, изотермы проводятся через 5°С.
6. Провести изотахи, начиная со скорости ветра 100 км/ч, через 40 км/ч. В очаге наибольших значений надписывается (красным цветом) максимальная скорость ветра; изотахи проводятся сплошными зелеными линиями.

7. Провести линию тропопаузы. Высота тропопаузы определяется или по карте тропопаузы, или по распределению температуры по высоте по данным зондирования. На вертикальных разрезах тропопауза выделяется сплошной волнистой линией коричневого цвета, выше которой пишется слово «Тропопауза».

8. Выделить облачные слои у каждого пункта. Расслоенность облаков над пунктом выделяется по данным температурно-ветрового зондирования атмосферы, т.е. по значениям дефицита температуры точки росы, нанесенным на карты барической топографии или бланк разреза. Верхняя и нижняя границы облачных слоев отмечается на разрезе волнистой синей линией; зона облачности закрашивается или заштриховывается синим цветом. Внутри каждого облачного слоя надписывается (черным цветом) латинское название облаков.

9. Выделить опасные явления погоды на высотах. Для этого определить возможность возникновения на высотах над всеми пунктами обледенения и турбулентности. Слои с опасными явлениями погоды выделить волнистой сплошной красной линией, и в каждом слое символом указать вид явления.

10. Выделить около каждого пункта опасные явления погоды у земли. На вертикальных разрезах определенным установленным цветом выделяются грозы, метели, туманы, осадки и другие опасные явления, а в зоне этих явлений черным цветом надписывается значение видимости в них.

11. Проанализировать условия погоды по трассе. При анализе в соответствии с требованиями НМО Г А указать:

- направление и скорость ветра по маршруту;
- горизонтальную видимость и явления погоды;
- характер облачности по маршруту;
- наличие зон обледенения и турбулентности.

Порядок выполнения работы

1. Нанести данные на бланк вертикального разреза (трасса указывается преподавателем).

2. Обработать данные построенного вертикального разреза.

3. Проанализировать условия полетов по маршруту по данным вертикального разреза.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие виды вертикальных разрезов атмосферы составляются на АМСГ?
2. Для каких целей составляются на АМСГ вертикальные разрезы?

### *Отчетный материал*

1. Обработанный в соответствии с методическими указаниями бланк вертикального разреза.
2. Отдельный лист с анализом условий погоды по трассе.

## **Практическое занятие №8**

### **Составление и обработка авиационных прогностических карт погоды**

**Цель работы** - научиться составлять и обрабатывать авиационные прогностические карты погоды (АКП).

**Время** - 4 часа

#### **1. Учебные вопросы**

### **ОСНОВНЫЕ КАРТЫ ПОГОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**

Для обеспечения безопасности полета экипажи ВС в период предполетной подготовки обязаны тщательно изучить метеорологическую обстановку по маршруту полета, в аэропортах вылета, посадки и на запасных аэродромах

При анализе и оценке метеорологической обстановки в период подготовки к полету экипаж ВС может самостоятельно ознакомиться со следующим основным аэросиноптическим материалом: приземной синоптической картой, картой барической топографии для предполагаемого уровня полета, картой максимальных ветров, картой-схемой радиолокационных наблюдений (при наличии грозовой деятельности). фотомонтажем или картой нефанализа спутниковой информации Метеорологические условия для полета экипаж ВС. оценивает также по прогностическим картам. Окончательное решение на вылет принимается с учетом фактической погоды и прогнозов аэропортов вылета, посадки и запасных аэродромов.

#### **2. Основные теоретические сведения**

### **ПРИЗЕМНЫЕ СИНОПТИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПОГОДЫ**

Основные приземные синоптические карты погоды составляются по метеорологическим наблюдениям метеостанций на большой территории за 00, 06, 12, 18 ч UTC. Основные синоптические карты имеют масштаб 1:15000000. По таким картам экипажи ВС могут получить консультации о погоде по маршруту полета большой протяженности. Составляются также приземные синоптические карты отдельно для тропической зоны и др. Кольцевые карты погоды составляются каждые три часа начиная с 00 ч UTC на бланках более крупного масштаба (1:5000000) Эти карты содержат большой объем информации Они предназначены для уточнения синоптической обстановки при составлении прогноза погоды, используются также для консультаций об условиях погоды по маршруту полета небольшой продолжительности.

Микрокольцевые карты погоды составляются каждый час метеорологических наблюдений в радиусе примерно 200-400 км; на них наносятся только инструментальные данные. Масштабы этих карт 1:2500000.

По ним можно более подробно оценить метеорологические условия погоды по району аэродрома, составить и уточнить прогноз.

На синоптические приземные карты погоды вокруг кружка(пункта) станции часть данных наносится цифрами, а часть— условными знаками. Цифрами наносятся следующие данные:

TTtt—температура воздуха(две или три цифры), целые (TT) и десятые(tt) доли градуса Цельсия;

TdTd—точка росы(две или три цифры), целые (TdTd) и десятые (td) доли градуса Цельсия;

VV—горизонтальная видимость цифрами кода, предусматривающего инструментальные и визуальные способы измерения

h(hh)—высота облаков нижнего яруса цифрами кода(одна или две), предусматривающего методы измерения: инструментальный (hh) и визуальный (h) ,

Nh— количество облаков нижнего яруса в октанах; употребляются цифры от 1 до 8, цифры кода окты (1 окт—1/8 неба), их можно перевести в баллы

PPP—давление воздуха, приведенное к уровню моря, в гПа (десятки, единицы и десятые доли)

Если трехзначное число начинается, с 5 или большей цифры, то при расшифровке следует впереди поставить цифру 9, а если число начинайся с 4 или меньшей цифры, впереди следует поставить цифру 10.

pp—величина барической тенденции за последние три часа, в гПа (целые и десятые доли). При росте давления знак у не ставится, при падении давления знак«—» ставится обязательно

Примечание. Кроме перечисленных данных на карты погоды, не предназначенные для факсимильных передач, по усмотрению Управления по гидрометеорологии и контролю природной среды(УГКС) цифрами могут наноситься количество осадков, экстремальные температуры воздуха и др. Для этих целей используют специальные карты.

### **Значения цифр кода видимости и высоты облаков в данных приземной карты погоды**

Условными знаками на карты наносятся следующие элементы погоды

N—общее количество облаков. Предусмотрено восемь условных знаков, соответствующих различному количеству облачности от 1 до 8 окт, если определение количества облачности затруднено, то в кружке станции ставится знак"X".

W—погода между сроками наблюдения условными знаками. Период времени между сроками соответствует принятой частоте составления той или иной карты, т. е. шести или трем часам (основная или котьцевая);

CL—форма облаков нижнего яруса, условными знаками

CM—форма облаков среднего яруса, условными знаками

CN—форма облаков верхнего яруса, условными знаками

a—характеристика барической тенденции за последние три часа, каждый знак соответствует кривой на ленте барографа;

dd— направление ветра у поверхности земли(откуда дует) стрелкой

tf —скорость ветра обозначается на стрелке «оперением» При штиле кружок станции обводится другим кружком чуть большего радиуса, при неустойчивом направлении ветра в конце стрелки ставится крест (X);

ww—атмосферные явления погоды в срок наблюдения или в течение последнего часа перед сроком наблюдения условными знаками.

Sp—знак отрицательного значения температуры воздуха, точки росы и барической тенденции.

После нанесения данных погоды на приземную карту она обрабатывается инженером-синоптиком. На карте выделяются цветными карандашами зоны обложных, морозящих и ливневых осадков, районы гроз, туманов, метелей, пыльных бурь и других особых явлений. Отмечаются очаги роста(P) и падения(П) давления с указанием синим и красным цветом наибольшего и наименьшего значения изменения давления за последние три часа в гПа. Для наглядности фронтальные разделы выделяются также цветными линиями. При анализе и оценке метеорологической обстановки летный и диспетчерский состав должен уметь быстро и грамотно определять характер воздушных масс и ожидаемое их преобразование; характер, направление и скорость перемещения барических образований; тип фронтов, тенденцию их развития, направление и скорость их перемещения. Особое внимание следует обратить на зоны и участки маршрута со сложными и опасными условиями погоды.

### **Авиационные прогностические карты погоды**

Авиационные прогностические карты погоды (АКП) практически всегда используются при метеорологическом обеспечении воздушных судов гражданской авиации. При продолжительности полета более 5ч АКП выдаются каждому экипажу наряду с другими документами, содержащими метеорологическую информацию.

Различают следующие типы карт АКП:

1. Карты стандартных изобарических поверхностей для уровней 400, 300 и 200 гПа;
2. Карты особых явлений погоды для высоких уровней (от 400 до 150 гПа);
3. Карты особых явлений погоды для средних и высоких уровней (от 700 до 150 гПа);
4. Карты особых явлений погоды для низких уровней (ниже 700 гПа);
5. Карты ветра и температуры воздуха для стандартных изобарических поверхностей.

Указанные карты составляются 4 раза в сутки на фиксированные сроки 00, 06, 12 и 18 ч (по Гринвичу), а срок их действия считается равным 12 ч (по 6 ч в обе стороны от фиксированного времени). Все типы карт составляются в Главном авиаметеорологическом центре (ГА М Ц ), в региональных центрах зональных прогнозов (РЦ ЗП ) или на АМЦ для своей зоны ответственности.

Все эти карты вместе с текстовыми прогнозами используются для метеорологического обеспечения экипажей.

На АКП стандартных изобарических поверхностей наносятся центры барических образований и изогипсы с указанием высоты соответствующей изобарической поверхности (через 8 гп дам), направление (стрелками между изогипсами) и скорость ветра (км/ч). Для расчета поля ветра используются градиентные линейки, соответствующие широте места, на которой прогнозируется ветер, и номограммы для определения поправок на кривизну изогипс.

На картах АКП уровней 400, 300 и 200 гПа прогностические значения температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) указываются цифрами в кружках со знаком «минус» и записываются в произвольном месте (примерно один раз через  $5^{\circ}$  широты и  $10^{\circ}$  долготы).

На АКП уровня 300 гПа дополнительно наносятся прогнозируемые положения осей струйных течений (жирными стрелками) с указанием максимальной скорости ветра (км/ч) в числителе и высоты оси струйного течения (в десятках метров) в знаменателе.

На АКП уровня 200 гПа дополнительно проводятся изолинии отклонений температуры воздуха от стандартного значения ( $-56,5^{\circ}\text{C}$ ) через  $5^{\circ}\text{C}$  с выделением очагов тепла и холода. Для обеспечения полетов сверхзвуковых транспортных самолетов на карты уровня 200 гПа наносится также расположение вершин кучево-дождевых облаков.

На картах АКП особы х явлений всех уровней отражаются сведения, касающиеся положения центров барических образований и атмосферных фронтов. Направление их смещения указывается стрелками, у которых надписывается предполагаемая скорость смещения (км/ч). Перемещение барических центров и атмосферных фронтов прогнозируется по правилам синоптической метеорологии.

Внутри зон особых явлений погоды, выделяемых на картах зигзагообразной линией, указывается количество и форм а облаков, с которыми связаны особые явления погоды; высота (в десятках метров) верхней (числитель) и нижней (знаменатель) границ облачности. Условными обозначениями (см. приложение) указываются ожидаемые условия погоды, осложняющие выполнение полетов: гроза, град, умеренное или сильное обледенение, умеренная или сильная турбулентность (в облаках или при ясном небе), сильные шквалы и горные волны, высота тропопаузы и места вулканических извержений. При этом предполагается, что символы грозы и кучево-дождевой облачности одновременно указывают на наличие умеренной или сильной турбулентности, умеренного или сильного обледенения и града. Высота верхней и нижней границ слоев с явлениями надписывается дробью в десятках метров (в числителе пишется верхняя граница слоя, а в знаменателе - нижняя).

Зоны турбулентности при ясном небе очерчиваются пунктирной линией, внутри зоны указывается сокращенное наименование (Т ЯН), наносится условное обозначение интенсивности турбулентности и подписываются высоты границ слоя.

На картах особых явлений верхняя и нижняя границы выделяемых слоев указываются в десятках метров наиболее вероятными средними значениями. Если какая-нибудь граница слоя с явлением выходит за пределы высот, для которых составлена карта АКП, то вместо числа в числителе или знаменателе ставится «XXX».

Карты особых явлений погоды для низких уровней оформляются аналогично, однако в выделяемых зонах особых явлений погоды дополнительно указывается информация о явлениях погоды, осложняющих полеты на средних и малых высотах. К таким явлениям относятся: обледенение (независимо от интенсивности), туман, осадки, метель, пыльная или песчаная буря и другие явления, ухудшающие видимость до значений менее 10 км, облачность всех форм, видимость у поверхности земли при ее значениях менее 10 км и высота нулевой изотермы.

Значения видимости у поверхности земли указываются одним наиболее вероятным средним значением после условного обозначения явления, ее ухудшающего. Значения видимости до 2 км указываются в метрах, более 2 км - в километрах.

Высота нулевой изотермы подписывается в десятках метрах и размещается внутри прямоугольников в выборочных точках карты. Карты АКП, используемые для метеорологической консультации, обрабатываются в установленном порядке с целью более наглядного представления особенностей условий погоды, которые могут осложнить полет.

### **3.Задание на практическое занятие**

#### **Материалы для работы**

1. Синоптический материал из Учебного авиационного метеорологического атласа или другой синоптический материал, выданный преподавателем.
2. Бланк карты АКП.
3. Лист кальки.

#### **Методические указания**

4. Для составления карт АКП уровней 400, 300 или 200 гПа использовать соответствующую карту барической топографии из Атласа или карту, принятую по каналам связи в день занятий.
5. На чистый бланк АКП или на лист кальки, на котором нанесены контуры океанов, морей и крупных озер и указаны крупные города, перенести с карты барической топографии поле геопотенциала (карта указывается преподавателем); отметить центры барических образований, фронтальные разделы и указать скорость и направление их смещения.

6. На участках карты с шагом по широте не более  $5^\circ$ , а по долготе - не более  $10^\circ$  надписать (в кружках) осредненные значения температуры воздуха.

7. Стрелками между изогипсами указать направление ветра, а в разрыве стрелки надписать значение скорости ветра в км/ч с точностью до 10 км/ч.

8. На карте А К П уровня 300 гПа выделить жирной линией ось струйного течения и стрелкой указать направление ветра на о си струи. В разрыве стрелки надписать скорость ветра в км/ч (числитель) и высоту о си струйного течения в дам (знаменатель). Для определения характеристик струйного течения использовать карту максимального ветра или карты барической топографии за тот же срок . В последнем случае характеристики струйного течения придется прогнозировать обычным порядком.

9. На карте АКП уровня 200 гПа провести пунктиром изолинии отклонений температуры воздуха от стандартных значений (через  $5^\circ\text{C}$ ).

10. Обработать карту АКП. Для этого акватории морей и океанов закрасить синим цветом, красным треугольником отметить пункт вылета, а на карте АКП уровня 200 гПа закрасить области положительных отклонений температуры от стандартных значений красным цветом, а отрицательных отклонений - синим цветом.

11. Для составления карты особых явлений любого уровня на чистый бланк карты нанести положение барических центров с указанием давления в центре. Стрелкой показать ожидаемое направление смещения барического центра, около конца которой проставить прогностическую скорость его перемещения в км/ч с точностью до 5 км/ч.

Порядок выполнения работы

1. Составить и обработать АКП стандартной изобарической поверхности 400, 300 или 200 гПа (задание выдается преподавателем).

2. Составить и обработать карту особых явлений погоды.

3. Пользуясь АКП заданного уровня и картой особых явлений погоды, проанализировать метеорологические условия полета по указанной преподавателем трассе.

4. Провести (скопировать с приземной карты) атмосферные фронты. Указать стрелкой направление и скорость их возможного перемещения, как это сделано для центров барических образований.

5. Волнистой зигзагообразной линией выделить зоны особых явлений погоды (зоны с однотипной погодой). Внутри каждой зоны указать количество, форму облачности, высоту ее верхней (числитель) и нижней (знаменатель) границ в десятках метров; Нанести в этих зонах ожидаемые условия погоды, осложняющие полеты. Высоту верхней и нижней границ зон умеренной или сильной турбулентности и умеренного или сильного обледенения указать дробью в десятках метров.

6. Зоны турбулентности при ясном небе сначала нужно спрогнозировать обычным порядком, а затем очертить пунктирной линией. Внутри каждой зоны надписать сокращенное наименование (ТЯН ), указать символом интенсивность



атмосферной турбулентности и подписать верхнюю и нижнюю границы зон Т ЯН дробью в десятках метров.

7. Обработать карту особых явлений погоды. Для этого следует «поднять» карту, отметить пункт вылета и соответствующим цветом «поднять» атмосферные фронты. Условные обозначения осадков и метели выделить зеленым цветом, грозы, града, пыльной бури, обледенения и турбулентности - красным цветом, а видимость в явлениях подписать черным цветом.

### **Вопросы для самопроверки**

1. На какие сроки составляются карты АКП?
2. На какие типы делятся карты АКП?
3. Перечислите данные, которые наносятся на карту особых явлений погоды для высоких уровней.
4. Какая информация используется для подготовки карт АКП. для низких уровней?
5. Перечислите, какие данные наносятся на авиационную карту погоды изобарической поверхности 300 гПа.

#### *Отчетный материал*

1. Составленная и обработанная карта АКП стандартной изобарической поверхности.
2. Составленная и обработанная карта особых явлений погоды для уровня, указанного преподавателем.
3. Написанный на отдельном листе анализ метеорологических условий полета по трассе, указанной преподавателем.

## **Практическое занятие №9**

### **Комплексный анализ атмосферных процессов**

**Цель работы** - выполнить весь комплекс работ, необходимых при метеорологическом обеспечении полетов.

**Время** - 2 часа

#### **1. Учебные вопросы**

Сущность и принципы комплексного анализа атмосферных процессов при метеорологическом обеспечении полетов.

Сущность комплексного анализа атмосферных процессов заключается в изучении состояния атмосферы в заданном районе с помощью карт погоды и других материалов. При комплексном анализе определяется расположение, смещение, свойства и эволюция воздушных масс, атмосферных фронтов, барических систем и условий погоды. Устанавливаются закономерности, которые были и существуют в развитии синоптических процессов и делаются выводы о предполагаемом их дальнейшем развитии.

#### **2. Основные теоретические сведения**

Комплексный анализ атмосферных процессов предшествует прогнозу и является его основой.

Основные принципы комплексного анализа следующие: сопоставление (сравнение), показательность (репрезентативность), физическая логика, историческая последовательность и трехмерность.

В целях обеспечения полетов синоптики АМСГ (АМЦ) разрабатывают следующие основные виды авиационных прогнозов погоды: суточный прогноз, оперативный прогноз по аэродрому, прогноз погоды по маршруту полета и много-много других.

Суточный прогноз погоды предназначен для планирования летной работы на следующие сутки. Он составляется по местному времени с 18 ч до 18ч следующих суток и состоит из двух частей: прогноза на ночь (с 18 до 06 ч) и прогноза на день (с Об до 18ч).

В суточный прогноз погоды, в каждую его часть, включаются в указанной последовательности следующие прогностические величины: направление и скорость ветра у земли, видимость у земли, явления погоды, количество, форма и высота нижней границы облаков и температура воздуха (в прогнозе на ночь - минимальная, в прогнозе на день - максимальная).

Оперативные прогнозы погоды предназначены для обеспечения взлета, посадки воздушных судов и передачи по каналам связи в соседние аэропорты. Эти прогнозы составляются на срок 6, 9 или 12 ч с интервалом 3 ч или на срок 18 и 24 ч с интервалом 6 ч (Международная организация гражданской авиации рекомендует разрабатывать прогнозы на 9 ч).

В оперативные прогнозы погоды в указанной последовательности включается следующая информация: ветер у земли (направление и скорость), видимость у земли, явления погоды, облачность (количество, форма, высота

нижней границы), температура воздуха у земли (если она выше 25°C, ниже -30°C или за срок прогноза переходит через 0°C к отрицательным значениям), обледенение или турбулентность (нижняя и верхняя границы слоя и интенсивность явления), высота верхней границы облаков (только для облачности нижнего яруса и вертикального развития), закрытие естественных и искусственных препятствий облаками и направление и скорость ветра на высоте круга.

Маршрутные прогнозы погоды разрабатываются для обеспечения полетов по маршрутам. Срок действия этих прогнозов должен превышать расчетное время полета на 30 мин. При полетах по трассе в маршрутные прогнозы погоды включается следующее: явления погоды (если ожидается гроза или град), количество и форма облаков (если ожидается кучево-дождевая или мощная кучевая облачность), отклонение температуры воздуха от стандартных значений (если оно больше 5°C по абсолютной величине), данные о прогнозе обледенения и турбулентности, высоты верхней границы облачности (только для облаков нижнего яруса и вертикального развития), направление и скорость ветра на эшелоне полета и данные о прогнозе струйных течений.

Все авиационные прогнозы погоды должны быть разработаны за час до начала срока их действия, а метеорологические величины в них указываются в соответствии с требованиями НМО ГА.

### **3. Задание на практическое занятие**

#### **Материалы для работы**

1. Синоптический материал из Учебного авиационного метеорологического атласа или другая информация, выданная для анализа преподавателем.
2. Бланк вертикального разреза или лист миллиметровой бумаги.
3. Авиационные метеорологические коды.

#### **Методические указания**

4. Для выполнения работы использовать трассу, а также заданную скорость полета (число М), указанные преподавателем.
5. Оценку синоптической обстановки по трассе провести по картам погоды из Учебного авиационного атласа, или другого синоптического материала, предоставленного для анализа. При анализе особое внимание обратить на барические образования, через которые проходит маршрут полета, оценить стадию их развития, направление и скорость перемещения, а также эволюцию.
6. Прогноз синоптической обстановки разрабатывать из предположения, что вылет самолета по маршруту состоится через 1 ч после срока «последней» синоптической карты, имеющейся в вашем распоряжении.
7. Для прогноза синоптической обстановки использовать традиционные методы синоптической метеорологии, сообразуясь с возможностями синоптического материала.

8 При разработке прогноза синоптического положения и прогноза по маршруту учесть, что срок прогноза должен превышать время полета по трассе не менее чем на 30 мин.

9. Разработку суточного прогноза погоды и прогноза по маршруту проводить с учетом требований НМО ГА.

10. Оперативные прогнозы погоды для аэродрома вылета, посадки и запасного разработать на срок 9 ч, который указывается преподавателем.

11. Запасной аэродром выбрать самостоятельно на удалении 300-500 км от указанного аэродрома посадки.

12. Вертикальный разрез атмосферы по маршруту полета построить для своей трассы.

13. Все разработанные прогнозы погоды записать или на специальный бланк, или на тот же лист, где записана консультация о погоде для экипажа.

Порядок выполнения работы.

1. Оценить синоптическую обстановку по маршруту полета и дать ее прогноз.

2. Разработать суточный прогноз по аэродрому вылета.

3. Разработать оперативные прогнозы погоды по аэродромам вылета, посадки и запасному аэродрому и закодировать их кодом TAF.

4. Построить вертикальный разрез атмосферы по маршруту полета.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем заключается сущность комплексного анализа атмосферных процессов при метеорологическом обеспечении полетов?

2. Как часто и на какие сроки могут разрабатываться на АМСГ оперативные прогнозы погоды?

3. Какой порядок изложения метеорологических величин в суточных прогнозах погоды?

4. Каковы последовательность изложения и содержание устной консультации экипажа воздушного судна?

5. Какую информацию сообщает АМСГ дежурной смене РЦ ЕС Ор ВД ?

*Отчетный материал*

1. Разработанный суточный прогноз погоды для аэродрома вылета, записанный на отдельном листе.

2. Разработанные и записанные на бланк или отдельный лист оперативные прогнозы погоды для аэродрома вылета, посадки и запасного аэродрома.

3. Телеграммы оперативных прогнозов погоды для аэродрома вылета, посадки и запасного аэродрома, закодированные кодом TAF, и записанные на отдельный лист.

4. Текст прогноза по маршруту полета и текст консультации, записанные на отдельном листе.

5. Вертикальный разрез по маршруту полета, построенный на специальном бланке или на листе миллиметровой бумаги.