



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

КАФЕДРА  
землеустройства

МДК.01.02 АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ И  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для выполнения лабораторных работ

Специальность

**25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем**

Профиль получаемого образования

**Технический**

Квалификация (степень) выпускника

**Оператор беспилотных летательных аппаратов**

Уфа 2021

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета природопользования и строительства «25» марта 2021 г. (протокол № 7)

Составитель: канд. геогр. наук, доцент Загитова Л.Р.

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой землеустройства канд. с.-х. наук, доцент Галеев Э.И.

# 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1.1 Цель лабораторных занятий – закрепление теоретических знаний, умение пользоваться измерительными приборами.

1.2 Задачи: научиться измерять атмосферное давление, скорость ветра, влажность воздуха;

## 2 СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

### Лабораторная работа № 1

Определение атмосферного давления по барометру – anerоиду

1) Приборы и принадлежности:

а) Барометр-анероид

б) Термометр

2) Устройство барометра-анероида

Приемной частью прибора служит металлическая anerоидная коробка А с гофрированным дном и крышкой. Воздух из коробки выкачивается почти полностью. Для того, чтобы коробка не сплющивалась давлением окружающего воздуха, стальная пружина В оттягивает крышку коробки, приводя ее в равновесие. При увеличении внешнего давления крышка будет немного вдавливаться внутрь коробки, при уменьшении – под действием пружины будет приподниматься вверх.

Величина деформации коробки при изменении давления очень мала. Но при помощи системы рычагов эти незначительные колебания крышки коробки увеличиваются от 200 до 800 раз и передаются на стрелку С, перемещающуюся вдоль шкалы с делениями.

Схема устройства барометра-анероида приводится на рисунке 1.

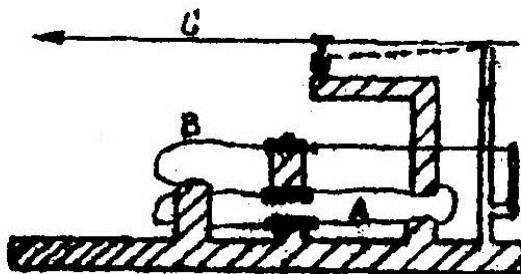


Рисунок 1 - Схема устройства барометра-анероида

В anerоид вмонтирован дугообразный термометр для измерения температуры прибора.



## Лабораторная работа № 2

### Измерение скорости и направления ветра

1) Приборы и принадлежности:

- а) Ручной чашечный анемометр
- б) Секундомер
- в) Флюгер

2) Устройство ручного чашечного анемометра

Анемометры служат для измерения средней скорости ветра за определенный промежуток времени.

Приемная часть ручного чашечного анемометра состоит из металлической крестовины, на концах которой укреплены четыре полых полушария, обращенных выпуклостями в одну сторону. Полушария защищены от механических повреждений специальной рамкой и насажены на ось.

Ось в своей нижней части имеет червячную (винтовую) нарезку, которой она соединяется с резом шестеренок передающего механизма, заключенного в пластмассовый корпус. Счетный механизм имеет три циферблата. На одном из них (большом) нанесены деления от 0 до 100, на другом – сотни делений, на третьем – тысячи.

В нижней части футляра сбоку имеется арретир, с помощью которого первая шестеренка передающего механизма может быть отведена или соединена с червячной нарезкой оси. По обе стороны арретира имеются два неподвижных кольца, которыми пользуются для выключения счетчика при помощи шнура в тех случаях, когда анемометр находится высоко.

Ручной чашечный анемометр показан на рисунке 2.

3) Порядок выполнения задания

а) Производство наблюдений.

Наблюдатель становится лицом к ветру и устанавливает анемометр на заданной высоте так, чтобы шкала была обращена в подветренную сторону. Затем снимают начальный отсчет. После этого включают счетчик анемометра, поставив арретир в верхнее положение, и одновременно включают секундомер, записав конечный отсчет.

б) Обработка наблюдений.

Вычтя из конечного отсчета начальный и разделив разность на число секунд, получаем число делений в секунду:

$$U_{\text{дел/с}} = (N_{\text{к}} - N) / t \quad (2)$$

в) Направление ветра определяется по флюгеру (рисунок 3).

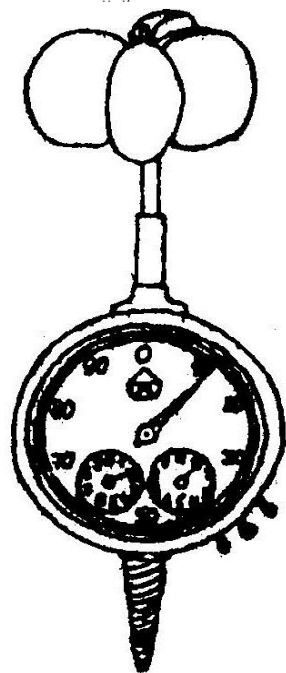


Рисунок 2 - Ручной чашечный анемометр

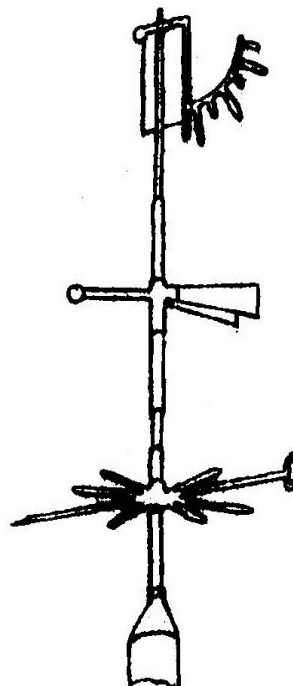


Рисунок 3 - Флюгер Вильда

### Лабораторная работа № 3 Измерение влажности воздуха

- 1) Приборы и принадлежности:
  - а) Аспирационный психрометр
  - б) Секундомер
  - в) Батист
  - г) Пипетка с водой
  - д) Ручной чашечный анемометр
  - е) Барометр – anerоид

Основным методом измерения влажности воздуха является психрометрический метод. Определение влажности воздуха при этом осуществляется по показаниям психрометрического прибора, состоящего из двух термометров (1, 2). Термометры помещены в металлическую оправу, которая состоит из трубки (3), развивающейся к низу, и боковых защит (4). Верхний конец этой трубки соединен с аспиратором (7), просасывающим наружный воздух через трубки (5, 6), в которых находятся резервуары термометров (10, 11). Аспиратор имеет пружинный механизм, пружина заводится ключом. Резервуар одного из термометров обернут коротко

обрезанным батистом (11). Устройство аспирационного психрометра показано на рисунке 4.

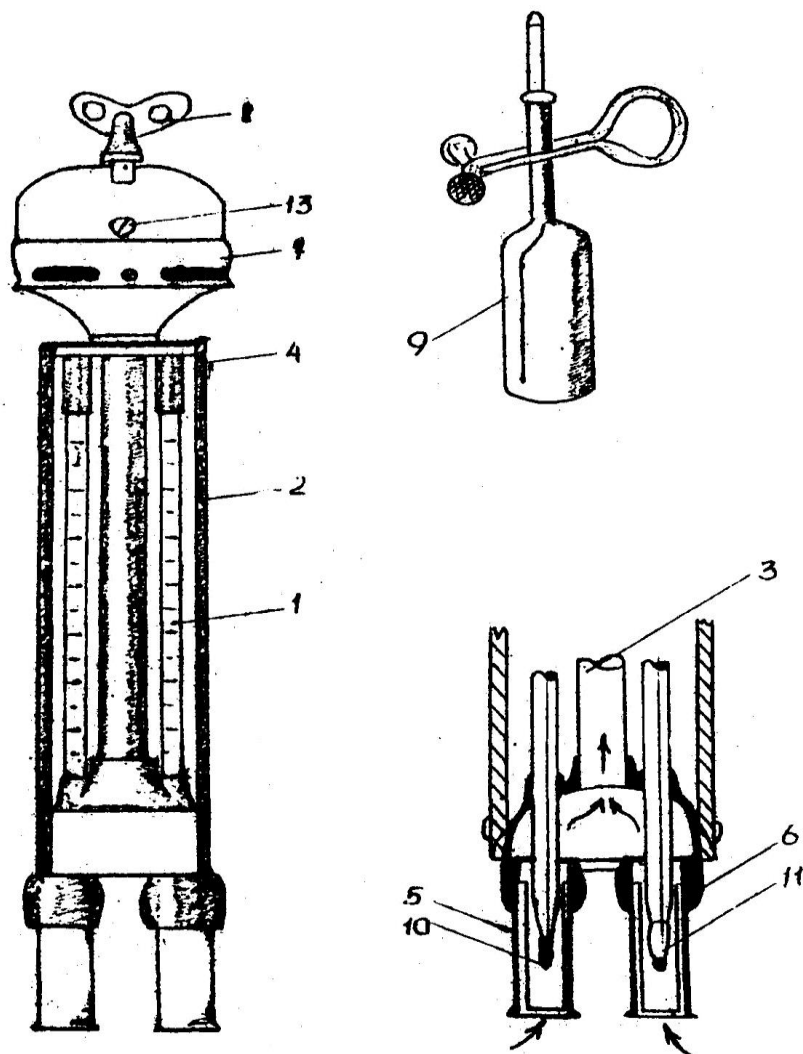


Рисунок 4 - Устройство аспирационного психрометра

Никелированная и полированная поверхность психрометра хорошо отражает солнечные лучи, поэтому для его установки не требуется никакой защиты.

## 2) Порядок выполнения задания

Перед наблюдением прибор выносят из помещения – зимой за 30 мин., а летом за 15 мин. до начала наблюдений. Батист смачивают с помощью резиновой груши с пипеткой (9) – зимой за 30 мин., а летом за 4 мин. до начала наблюдений. После смачивания заводят аспиратор, который в момент отсчета должен работать полным ходом. Во время отсчета следует стоять так,

чтобы ветер был направлен от прибора к наблюдателю. При скорости ветра более 4 м/с на аспиратор с наветренной стороны надевают ветровую защиту.

Наблюдения начинаются с отчета показаний сухого и смоченного термометров. Отсчеты по термометрам должны производиться быстро, чтобы присутствие наблюдателя вблизи термометра не исказило их показаний. Вначале отсчитываются десятые доли сухого термометра, затем – целые градусы.

При температуре воздуха ниже 0 кончик батиста обрезается под самым резервуаром, смачивание производится за полчаса до наблюдения.

Принцип определения влажности воздуха основан на разности показаний сухого и смоченного термометров. С поверхности смоченного термометра происходит испарение, на которое затрачивается тепло. Сухой термометр показывает температуру воздуха. Показание смоченного термометра зависит от интенсивности испарения воды с поверхности резервуара. Чем больше дефицит влажности, тем интенсивнее будет происходить испарение, и тем больше будет разность в показаниях термометров. При влажности 100 %, когда практически испарения нет, показания термометров будут равны.

Влажность воздуха определяется с помощью формулы:

$$e = E' - A (t - t') P \quad (3)$$

где  $e$  – упругость водяного пара,  $E'$  – насыщенная упругость водяного пара при температуре смоченного термометра,  $t$  – температура сухого термометра,  $t'$  – температура смоченного термометра,  $P$  – давление воздуха,  $A$  – постоянная психрометра, зависящая от скорости ветра, условий теплообмена и скрытой теплоты испарения.

Для определения значений упругости водяного пара, относительной влажности и дефицита влажности используют психрометрические таблицы, где приводятся значения этих величин при различных сочетаниях и атмосферном давлении 1000 мб; если давление воздуха больше или меньше 1000 мб, в характеристики влажности вводятся поправки.

Физический смысл этой поправки сводится к следующему. Если давление в момент наблюдений ниже 100 мб, скорость испарения будет больше, чем при 1000 мб. Показания смоченного термометра и упругости водяного пара окажутся заниженными, поэтому поправка вводится со знаком «плюс». При давлении больше 1000 мб. поправка будет отрицательной.

Вторая поправка – на скорость аспирации. По абсолютной величине поправка на скорость аспирации значительно больше поправки на давление. Поэтому их сумма при любых значениях атмосферного давления имеет знак «плюс».

Лабораторная работа № 4  
Измерение метеорологических характеристик цифровой профессиональной метеостанцией

1) Приборы и принадлежности:

- а) Жидкокристаллический дисплей
- б) Датчик ветра
- в) Датчик уровня выпавших осадков
- г) Датчик температуры и влажности воздуха

2) Устройство профессиональной цифровой метеостанции

Приемная часть метеостанции представлена несколькими датчиками.

Датчик ветра (рисунок 5). Состоит из флюгера (1), пластикового корпуса(2), анемометра (3), и гнезда подключения солнечной батареи (4).

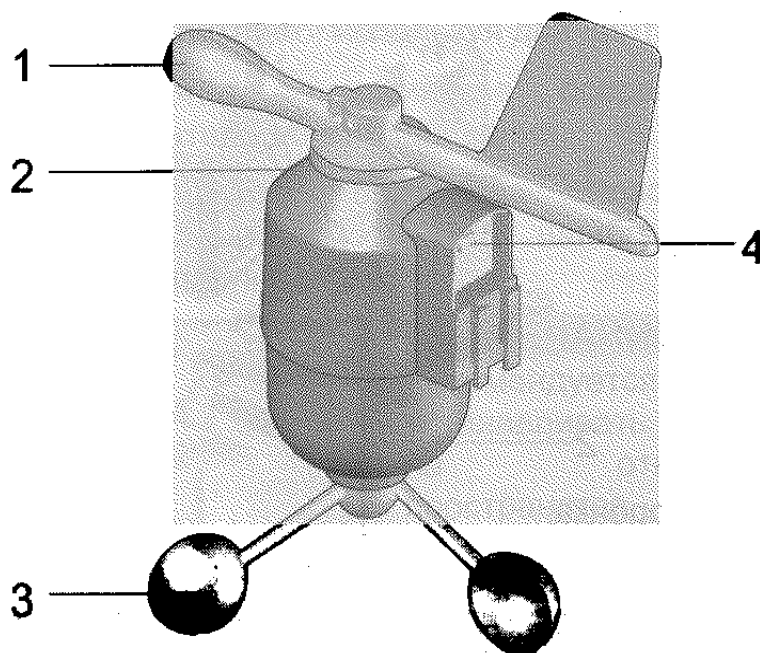


Рисунок 5 - Датчик ветра

Датчик уровня выпавших осадков (рисунок 6). Основной компонент – емкость сбора выпавших осадков(1). Имеется отсек для батареек(2), кнопка «сброс настроек»(3), воронка(4) и индикатор уровня выпавших осадков(5).

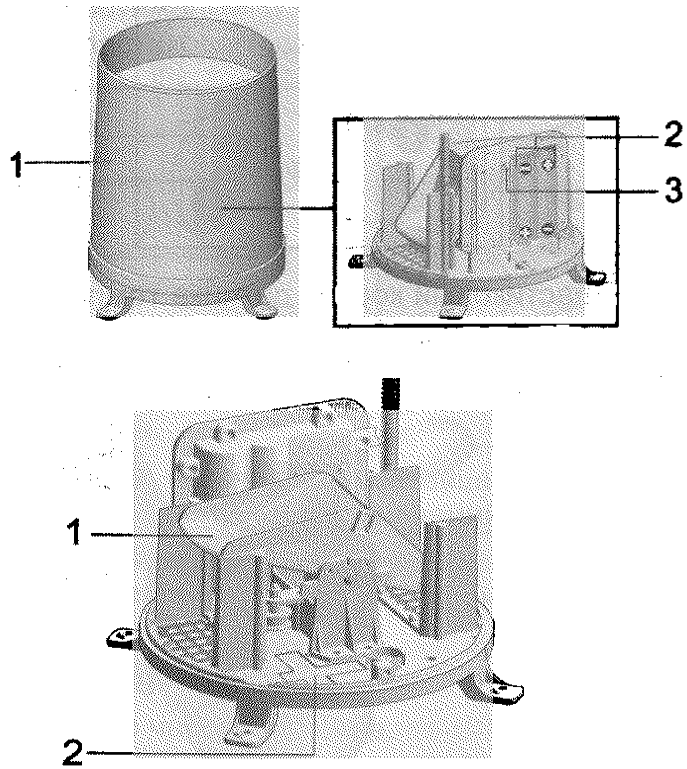


Рисунок 6 - Датчик уровня выпавших осадков

Датчик температуры и влажности воздуха (рисунок 7). Состоит из пластикового корпуса(1), гнезда подключения солнечной батареи (2), кнопки «сброс настроек»(3).

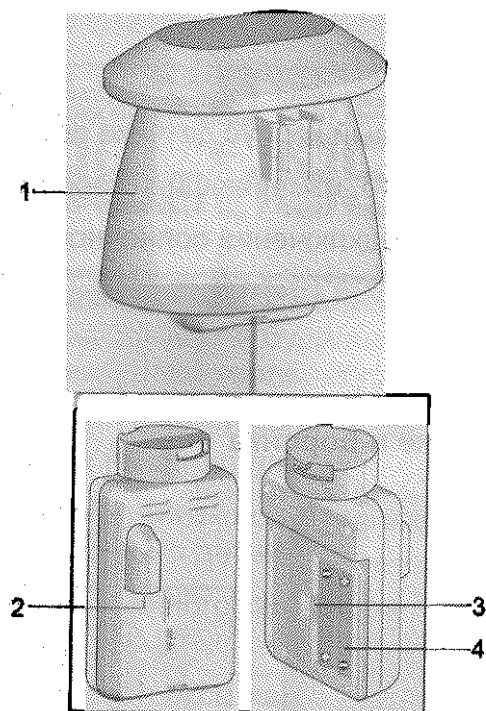


Рисунок 7 - Датчик температуры и влажности воздуха

Жидкокристаллический дисплей (рисунок 8). Представляет собой панель, на которую выводятся показатели измеренных метеорологических характеристик.

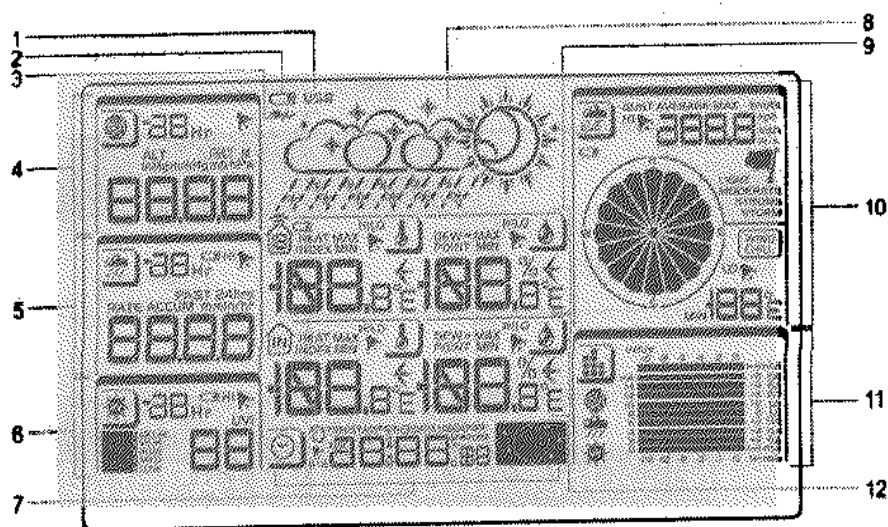


Рисунок 8 - Жидкокристаллический дисплей

1. Индикатор успешного USB соединения с ПК.
2. Индикатор низкого уровня заряда батарей.
3. Индикатор отключенного сетевого адаптера.
4. Окно барометра: текущие значения атмосферного давления.
5. Окно уровня выпавших осадков: текущие значения уровня выпавших осадков.
6. Окно УФ-индекса: текущие значения интенсивности УФ-излучения.
7. Окно часов, будильника и фаз луны: радиоконтролируемые часы, будильник и отображение фаз луны.
8. Окно прогноза погоды: анимационные пиктограммы прогноза погоды.
9. Окно наружной температуры/влажности: текущие значения наружной температуры/влажности.
10. Окно скорости и направления ветра: текущие значения скорости и направления ветра.
11. Окно столбиковой диаграммы.
12. Окно комнатной температуры / влажности: текущие значения комнатной температуры / влажности.

### 3) Порядок выполнения задания

Необходимо настроить датчик ветра. При монтаже датчика следует удостовериться, что точка «север» установлена в северном направлении. Устанавливаются батарейки, нажимается кнопка «сброс настроек». Далее производится настройка

датчика температуры и влажности воздуха. Лицевая сторона солнечной батареи направляется на юг. Производится установка датчика температуры и влажности воздуха на вертикальный кронштейн с направлением лицевой стороны солнечной бата-

реи на юг. Используя компас, датчик скорости и направления ветра направляется на север. На высоте 1 метр над землей горизонтально устанавливается датчик уровня выпавших осадков. Регулировка горизонтального уровня осуществляется с помощью специальных регулировочных винтов.

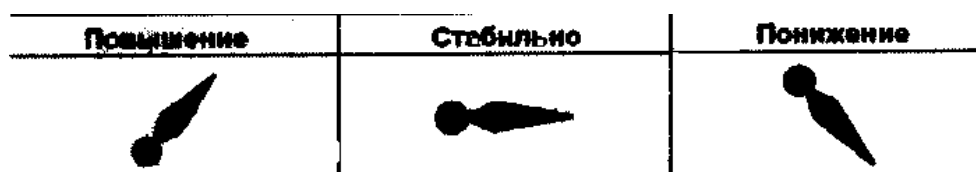
Данные от дистанционных датчиков передаются на основное устройство с интервалом 40 секунд. Для принудительного поиска датчика необходимо активизировать желаемую сенсорную область, нажать и удерживать кнопки «канал»( CH) и «память»(MEM). Индикаторы будут мигать в течение 5 минут.

Текущее атмосферное давление и история его изменения регистрируются в течение последних 24 часов основным устройством.






Сенсорная область уровня выпавших осадков позволяет просмотреть: рейтинг дождя, Уровень выпавших осадков за последний час, суммарный уровень выпавших осадков, сохраненные данные уровня выпавших осадков за последние 24 часа.

Основываясь на наблюдаемой тенденции изменения атмосферного давления, устройство прогнозирует погоду на ближайшие 12-24 часа на территории в радиусе 30-50 км, что отражается в «окне прогноза погоды».

Линии тенденций изменений температуры и влажности отображаются на дисплее сразу же за значениями и означают следующее:



Сила ветра отображается на дисплее серией пиктограмм:

Сигнал датчика не получен	Легкий	Средний	Сильный	Ураган
	3-13 км/ч (2-8 миль/ч)	14-41 км/ч (9-25 миль/ч)	42-67 км/ч (26-54 миль/ч)	>88 км/ч (>55 миль/ч)
				

Для установки параметров самописца нужно нажимать сенсорную область часов до перехода в режим самописца (DATA/LOGGER). На дисплее отобразится количество дней для записи полученных значений в память устройства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Печатные издания:

1. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. — 339 с.
2. Сафонова Т.В. Авиационная метеорология. // Учебное пособие. Ульяновск, УВАУ ГА, 2005. — 257 с.
3. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии // М. 2013. —160 с.

### Электронные издания:

1. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 399 с.: ил.; 60x90 1/16. - ISBN 978-5-16-006463-5  
Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/391608>.
2. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала. А.А. Горбунов. СПбУ ГПС МЧС России, А.Ф. Галимов. Военная академия связи им. С.М. Будённого - Режим доступа: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V82/2.pdf>.

### Дополнительные источники:

1. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова; [Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина]. – Санкт-Петербург: Д'АРТ, 2011. – 248 с.
2. Наровлянский Г.Я. Авиационная климатология. Л.: Гидромет. изд-во, 1968. С. 110–112.





