

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет заочного обучения

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

### «МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

для высших учебных заведений

Направление подготовки 280400 – Прикладная гидрометеорология  
Профиль подготовки – Прикладная метеорология  
Квалификация (степень) – Бакалавр

Курс III



Санкт-Петербург  
2013

*Одобрено Ученым советом метеорологического факультета*

**УДК 551.508**

Методические указания по дисциплине «Методы и средства гидрометеорологических измерений». Специальность – метеорология. – СПб.: РГГМУ, 2013. – 24 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Методы и средства гидрометеорологических измерений». Даются рекомендации по изучению дисциплины. Приводятся вопросы для самопроверки, рекомендуемая литература, контрольные работы.

*Составитель:* Н.О. Григоров, доц., РГГМУ.

*Ответственный редактор:* А.Д. Кузнецов, проф., РГГМУ.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем курсе изучаются основные принципы устройства гидрометеорологических измерительных приборов и информационно-измерительных систем. Перед изучением курса студенты должны ознакомиться с программой, имеющейся на факультете.

Курс можно разделить на две части. В *первой части* описываются только методы измерений основных метеорологических параметров — температуры, относительной влажности, атмосферного давления, параметров ветра и актинометрических параметров. Во *второй части* курса студенты изучают метеорологические измерительные приборы, которые используются в настоящее время в России, знакомятся с измерением специальных метеорологических величин (высоты нижней границы облачности, метеорологической дальности видимости и т.д.) и информационно-измерительными метеорологическими системами — автоматическими станциями. В последнем разделе курса студенты получают сведения о перспективах развития метеорологической измерительной техники.

В ходе изучения курса студент обязан ознакомиться с литературой (см. ниже) и выполнить контрольную работу, которая сдается в ФЗО перед сессией. Во время сессии на III курсе студенты слушают лекции, в которых излагаются основные теоретические сведения, выполняют лабораторные работы и сдают зачет. После этого сдается итоговый экзамен по всему курсу.

Студенты допускаются до экзамена только после выполнения всех лабораторных и контрольных работ и сдачи зачетов по обеим частям курса.

Студенты также выполняют курсовую работу по курсу «Методы и средства гидрометеорологических измерений». За курсовую работу ставится зачет с оценкой.

Студенты, обучавшиеся в гидрометеорологических техникумах и имевшие хорошие оценки по профилирующим предметам, могут быть освобождены от выполнения лабораторных работ в ходе сессии. Этот вопрос решается руководителем цикла индивидуально для каждого студента. Выполнение контрольной работы и сдача экзаменов обязательна для всех студентов.

Далее приводятся указания по всем разделам программы изучаемого курса.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении курса студентам рекомендуется добиваться полного понимания материала. Помните, что непонимание лишь одного уравнения, элемента схемы или смысла какой-либо физической величины приводит к непониманию работы всего прибора. Если это требуется, повторите соответствующие разделы физики, математики или электроники, которые являются базовыми науками для изучаемого курса.

Когда Вы выполняете контрольную работу, избегайте прямого списывания с учебников и учебных пособий. Описывайте материал своими словами. Пусть стиль Вашего изложения будет менее литературным. Излагайте, однако, *свои* мысли. Такая работа скорее будет зачтена, чем ксерокопии целых книжных разделов. Объем контрольной работы примерно составляет одну школьную тетрадь 12–18 листов. Допускается использование e-mail, если у Вас имеется такая возможность. Адрес, по которому можно присылать работы, сообщается преподавателем на установочной лекции.

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. *Григоров Н.О., Саенко А.Г., Восканян К.Л.* Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы. Учебник по курсу. – СПб.: РГГМУ, 2012. – 306 с.
2. *Стернзат М.С.* Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 392 с.
3. *Григоров Н.О., Симакина Т.Е.* Задачник по дисциплине «Методы и средства гидрометеорологических измерений». – СПб.: РГГМУ, 2006. – 41 с.
4. *Григоров Н.О.* Презентации лекций по курсу «Методы и средства гидрометеорологических измерений». – [<http://gmi.rshu.ru>].
5. *Григоров Н.О.* Лекции-вебинары по курсу «Методы и средства гидрометеорологических измерений» (в записи). – [<http://fzo.rshu.ru/>] (раздел «Лекции онлайн»).

### *Дополнительная*

6. *Качурин Л.Г.* Методы метеорологических измерений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 456 с.
7. *Городецкий О.А., Гуральник И.И., Ларин В.В.* Метеорология, методы и технические средства наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 327 с.
8. *Ямпольский В.С.* Основы автоматики и электронно-вычислительной техники. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.

## УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

### Введение

Основное внимание следует обратить на изучение атмосферных параметров, подлежащих измерениям. Уясните для себя смысл всех метеорологических величин и обоснование необходимости их измерения. Обратите внимание на *цели измерений*. В зависимости от поставленных целей (предсказание погоды, обеспечение работы аэропорта и т.д.) изменяются требования к измерительным приборам. Желательно дополнить материалы, приведенные в книгах, сведениями из Вашего опыта работы в метеослужбе.

### *Литература*

[1], предисловие, введение, краткая история метеорологических измерений.  
[6], раздел 1.1.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Перечислите основные метеорологические величины, подлежащие измерению на метеорологических станциях и постах.
2. Что такое цели измерения? Почему цель измерения определяет применяемые приборы?
3. Какие метеорологические параметры необходимо измерять для обеспечения посадки летательных аппаратов?
4. Для чего организована метеорологическая измерительная сеть?
5. Приведите примеры метеорологических измерительных приборов, которыми Вы пользуетесь в своей работе.

## **Часть 1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

### **1. Основные понятия метеорологических измерений.**

#### **Классификация метеорологических измерительных приборов**

Изучение этого раздела начните с определения понятий «прибор», «входная и выходная величина», «чувствительность прибора» и т.д. Желательно выписывать эти определения в специальный конспект. Далее обратите внимание на классификацию приборов, а также на то обстоятельство, что приборы подразделяются по нескольким признакам. Выпишите эти признаки. Уясните, что такое *сигнал*, и чем сигнал отличается от измеряемой величины. Далее переходите к изучению понятия модуляции сигнала, рассмотрите основные виды модуляции.

## *Литература*

[1], раздел «Основные понятия».

[5], вводная лекция.

[6], глава 1.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое чувствительность прибора, как она связана с его входной и выходной величиной?
2. Какие виды модуляции Вы знаете? Какие виды модуляции предпочтительнее с точки зрения помехоустойчивости сигнала?
3. Что такое активная и пассивная локация? Какие локаторы Вы знаете? Какие из известных Вам локаторов Вы используете в работе?
4. Что такое информационно-измерительная система и чем она отличается от измерительного прибора? Можно ли считать информационно-измерительной системой комплект приборов в метеорологической будке?
5. Определите понятие чувствительности ртутного термометра.

## **2. Измерение температуры**

Этот раздел начинается с изучения тепловой инерции термометров – общего свойства для всех термометров, имеющих термометрическое тело. Изучите вывод уравнения, описывающего тепловую инерцию. Запомните определение коэффициента тепловой инерции термометра. Для выполнения контрольной работы преобразуйте формулу для коэффициента тепловой инерции ртутного термометра, имеющего шарообразный резервуар, к виду:

$$\lambda = \frac{\rho \cdot R \cdot C}{3\alpha}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность ртути ( $\rho = 13,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>);  $R$  – радиус резервуара (в метрах!);  $c$  – удельная теплоемкость ртути ( $c = 138$  Дж/кг·К);  $\alpha$  – коэффициент конвективного теплообмена резервуара со средой.

В безветренную погоду можно принять  $\alpha \approx 50$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Далее, преобразуйте формулу (1.6) [1] к виду, необходимому для вычисления времени выдержки термометра в воздухе перед снятием показаний:

$$\tau = \lambda \cdot \ln \frac{T_0 - \theta}{\Delta T}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент тепловой инерции термометра;  $T_0$  – температура термометра в начальный момент времени;  $\theta$  – температура окружающей среды;  $\Delta T$  – допустимая погрешность в определении температуры.

Далее переходите к изучению основных типов термометров. Изучаются термометры сопротивления, термоэлектрические термометры, деформационные термометры, акустические термометры и радиационные термометры. Изучение каждого типа термометров проводится в следующем порядке — сначала изучается принцип действия, затем чувствительность и способы её увеличения, затем — специфические погрешности прибора и способы их устранения или уменьшения.

### *Литература*

[1], раздел 1.

[4], тема 1.

[6], глава 2.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Чем обусловлена тепловая инерция термометров?
2. Какие типы термометров являются безинерционными?
3. Какие методы измерения температуры Вы знаете?
4. Предложите метод измерения температуры поверхности земли с искусственного спутника.
5. Почему в радиационных термометрах используется ИК диапазон?
6. Выведите уравнения чувствительности уравновешенного термометра сопротивления.

## **3. Измерение влажности воздуха**

Перед началом изучения этого раздела повторите все параметры, характеризующие содержание в воздухе водяного пара. Далее составьте список основных методов измерения влажности и приступайте к их изучению. При изучении психрометрического метода измерения влажности обратите внимание на зависимость психрометрического коэффициента от скорости ветра. Рассмотрите схему конденсационного гигрометра (рис. 2.5 [1]). Свяжите эту схему с общей схемой следящей системы (рис. 1.13 [1]). Далее изучите деформационный гигрометр, приведите примеры его использования. Электрохимический, сорбционный и радиационный гигрометр изучаются студентами ФЗО без вывода формул чувствительности. Рассмотрите принцип действия, достоинства и недостатки конденсаторного гигрометра (разд. 2.8 [1]).

### *Литература*

[1], глава 2.

[4], тема 2.

[5], лекции по теме «Измерение влажности».

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какими параметрами характеризуется содержание водяного пара в воздухе?
2. Почему температура смоченного термометра, как правило, меньше температуры сухого термометра?
3. Что такое идеальный психрометр? Как его изготовить?
4. Объясните принцип действия конденсационного гигрометра. Какие величины необходимо измерить для определения влажности с его помощью?
5. Какой из изученных Вами методов измерения влажности является самым чувствительным?
6. Объясните принцип действия конденсаторного гигрометра, перечислите его достоинства и недостатки.
7. Какие методы измерения влажности применяются в оперативной работе на метеорологической сети?

### **4. Измерение параметров ветра**

При изучении методов измерения скорости ветра важно понять, что известные Вам ротоанемометры не являются единственными приборами для измерения скорости ветра. Тем не менее, изучение этого раздела начинается с изучения теории ротоанемометра. Этот раздел содержит самый сложный во всем курсе математический вывод! Внимательно ознакомьтесь с выводом уравнения движения ротоанемометра для установившегося и для неустановившегося состояния. Обратите внимание на такие понятия, как пороговая скорость и путь синхронизации ротоанемометра. Далее изучаются три типа ротоанемометров – индукционный, импульсный (контактный) и фотоэлектрический. Обратите внимание, что существуют две конструкции индукционных ротоанемометров: дистанционный и ручной анемометр АРИ-49.

Из других способов измерения скорости ветра студенты изучают акустический метод и лазерный доплеровский измеритель скорости.

При изучении методов измерения направления ветра главное внимание уделяется флюгарке – основному датчику направления ветра. Обратите внимание на методы дистанционной передачи информации об угле поворота флюгарки – использование сельсинов (автосинов), и фазоимпульсный метод.

### ***Литература***

- [1], глава 3.
- [4], тема 3.
- [5], лекции по теме «Измерение влажности воздуха».

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Выведите уравнение ротоанемометра для установившегося и неустановившегося состояния.

2. Почему ротоанемометр дает завышенные показания средней скорости ветра?
3. Какой тип модуляции используется в индукционном ротоанемометре? А в контактном?
4. Какая величина характеризует инерцию ротоанемометра?
5. Укажите безинерционные способы измерения скорости ветра.
6. В чем состоит принцип лазерного доплеровского анемометра?
7. Укажите достоинства и недостатки лазерного доплеровского анемометра. В каких случаях его целесообразно использовать?

## **5. Измерение атмосферного давления**

Этот раздел обычно не представляет серьезных трудностей для студентов. Изучаются два типа барометров – жидкостные и деформационные барометры. При изучении жидкостных барометров обратите внимание на поправки к ртутным барометрам и уясните их физический смысл. Изучаются два типа ртутных барометров – чашечный и сифонно-чашечный барометры. Обратите внимание, что в чашечном барометре применяется скомпенсированная шкала, а в сифонно-чашечном – обычная шкала. Объясните это.

Далее изучите деформационный барометр-анероид. Изучите погрешности деформационного барометра и способы их устранения. В лекционном курсе объясняются основные принципы барометра БРС-1, который в настоящее время применяется в качестве основного прибора на метеорологической сети.

### *Литература*

[1], глава 4 (кроме раздела 4.4).

[4], тема 4.

[5], лекции по теме «Измерение атмосферного давления».

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что следует понимать под чувствительностью жидкостного барометра?
2. Почему для изготовления жидкостных барометров применяют ртуть – жидкость, обладающую самой большой плотностью? Ведь при применении жидкости с меньшей плотностью чувствительность барометра была бы большей!
3. Что такое скомпенсированная шкала для чашечных барометров? Почему она не применяется в сифонно-чашечных барометрах?
4. Каковы погрешности деформационных барометров, и какие способы их устранения Вы можете предложить?
5. Какое физическое явление вызывает гистерезис деформационного барометра?

## 6. Актинометрические измерения

Изучение раздела начинается с перечисления актинометрических величин, подлежащих измерению и обоснованию выбора калориметрического метода измерения. Уясните для себя смысл актинометрических величин — прямой солнечной радиации, рассеянной радиации и радиационного баланса. Далее переходите к изучению приборов для измерения этих величин. Для измерения прямой солнечной радиации применяются два прибора — компенсационный пиргелиометр и термоэлектрический актинометр. Обратите внимание, что пиргелиометр является абсолютным, а актинометр — относительным прибором. Для измерения рассеянной радиации применяется пиранометр. При изучении пиранометра обратите внимание на зависимость переводного множителя от зенитного угла Солнца.

Далее изучите измерение радиационного баланса. Выведите уравнение балансомера и поясните, как устраняется ветровая погрешность балансомера. При изучении теории балансомера обратите внимание, какие из радиационных потоков, указанных на рис. 5.9 в книге [1] отсутствуют в ночное время суток и при облачной погоде.

### *Литература*

[1], глава 5.

[4], тема 4.

[5], лекции по теме «Актинометрические измерения».

### *Вопросы для самопроверки*

1. Чем обусловлен выбор калориметрического метода для актинометрических измерений?
2. Что такое абсолютные и относительные приборы? К какому типу относится каждый из изученных Вами актинометрических приборов?
3. Что такое переводной множитель для актинометрических приборов? Какова его размерность?
4. В какой области длин волн рассеянная радиация имеет максимум?
5. Почему при изготовлении балансомера его толщина выбрана малой?
6. Как измерить рассеянную радиацию в условиях ясной погоды?

## Часть 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

### 7. Дистанционные метеорологические приборы

В этом разделе изучаются дистанционные приборы, применяющиеся на метеорологической сети в оперативных измерениях. Изучаются также

приборы, применяющиеся на аэродромных станциях гидрометслужбы (АМСГ). Раздел начинается с изучения методов измерения высоты нижней границы облачности. Основным прибором для измерения высоты облачности являются приборы ИВО и РВО. Ознакомьтесь с принципом действия этих приборов, изучите блок-схему приборов. Учитывая, что схемы ИВО и РВО очень схожи, можно ограничиться изучением какого-либо одного прибора, например, ИВО-1м.

Далее изучается анеморумбометр М-63м. Прежде всего изучите устройство датчика. Уясните, какие электрические величины зависят от параметров ветра. Затем изучите блок-схемы каналов измерения средней скорости ветра, мгновенной и максимальной скорости ветра, направления ветра. Обратите внимание, что при измерении направления ветра используются все три серии импульсов. Не нужно запоминать все блок-схемы наизусть. На экзамене Вы сможете пользоваться чертежами блок-схем.

После этого изучаются приборы для измерения метеорологической дальности видимости. В лекционном курсе кратко упоминается визуальный и инструментально-визуальный метод и подробно рассматривается инструментальный метод с изучением прибора ФИ-1 или ФИ-2. От студентов требуется умение подробно объяснить оптическую схему и блок-схему ФИ-1 (рис. 7.18 и 7.19 в книге [1]). При этом необходимо рисовать эпюры напряжений на входе и выходе каждого блока и подробно рассказать функцию каждого блока.

### *Литература*

[1], глава 7.

[4], тема 6.

[6], лекции по теме «Дистанционные метеорологические приборы».

### *Вопросы для самопроверки*

1. Объясните принцип светолокационного метода измерения высоты нижней границы облачности.
2. Какой элемент используется в приборах ИВО и РВО для определения времени прохождения сигнала в подоблачном слое?
3. Что такое импульс развертки? Для чего он используется в приборах ИВО и РВО?
4. Каковы особенности измерения высоты нижней границы облачности во время дождя?
5. Как происходит преобразование скорости и направления ветра в электрические величины в приборе М-63? Какие это величины?
6. Поясните по чертежам работу каналов измерения средней скорости ветра, мгновенной и максимальной скорости ветра, направления ветра в приборе М-63.

7. Что понимается под термином «метеорологическая дальность видимости»?
8. Какие методы измерения МДВ Вы знаете? В чем их сущность?
9. Проанализируйте по чертежам работу прибора ФИ-1. Нарисуйте эпюры напряжений на выходе и входе блоков ФЧК<sub>оп</sub> и ФЧК<sub>зонд</sub> в приборе ФИ-1.
10. Каковы пределы измерения МДВ в приборах ФИ-1 и ФИ-2?

## **8. Основные принципы устройства цифровых измерительных приборов. Основы теории информации**

Этот раздел изучается студентами ФЗО достаточно кратко. Уясните понятия «аналоговый сигнал» и «цифровой сигнал». Изучите основные элементы преобразования цифрового сигнала – логические элементы «И», «ИЛИ», «НЕ». Умейте доказать, что с помощью комбинации этих элементов можно конструировать сколь угодно сложные цифровые схемы.

### *Литература*

- [1], глава 6.  
[8], разделы 1.4, 3.1, 3.2.

### *Вопросы для самопроверки*

1. В чем отличие цифрового сигнала от аналогового?
2. Какие логические элементы Вы знаете?
3. Приведите примеры метеорологических измерительных приборов, в которых используется цифровая форма сигнала.

## **9. Метеорологические измерения экологических параметров**

По сути дела, экология использует все метеорологические параметры. Однако, некоторые параметры особенно важны для здоровья и жизнедеятельности человека. Это содержание в воздухе вредных газов – прежде всего, углекислого газа и угарного газа, содержание аэрозолей, содержание озона, радиоактивное загрязнение местности. При изучении этого раздела особое внимание обращается на измерение содержания озона и измерение радиоактивности.

Далее изучите наземные озонметры. Обратите внимание на единицы Добсона – единицы измерения содержания озона.

Изучите единицы измерения радиоактивного фона и радиоактивного загрязнения местности. Запомните основные величины безопасного уровня радиации и природного радиоактивного фона. Из приборов для измерения радиоактивности студенты изучают счетчики Гейгера, пропорциональные счетчики и сцинтилляционные счетчики.

## *Литература*

[1], разделы 7.2 и 7.10.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие приборы для контроля чистоты атмосферы Вы знаете?
2. Почему измерение содержания озона представляет собой жизненно важную задачу для человечества?
3. В каких единицах измеряется интегральное содержание озона в атмосфере? В чем смысл этих единиц?
4. Какие величины описывают радиоактивное загрязнение местности? В чем физический смысл этих единиц?
5. Каков природный радиационный фон в Санкт-Петербурге? А в местности, где Вы проживаете?
6. Опишите действие чувствительного элемента счетчика Гейгера.

## **10. Информационно-измерительные метеорологические системы. Автоматические метеорологические станции**

В настоящее время измерение атмосферных параметров автоматизировано в достаточно высокой степени. Поэтому студентам необходимо изучить информационно-измерительные системы, применяющиеся в метеорологии.

Начните с определения понятия «информационно-измерительная система» (см. стр. 12 [1]). Затем переходите к изучению метеорологических ИИС. В качестве примера рассмотрите станцию КРАМС. Проанализируйте блок-схему станции КРАМС-М, КРАМС-2 или КРАМС-4. Если Вы работаете с другими ИИС, можно заменить изучение станции КРАМС изучением этих ИИС.

## *Литература*

[1], глава 8.

[4], тема 8.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что Вы понимаете под термином «информационно-измерительная система»? В чем её отличие от простого измерительного прибора?
2. Какие метеорологические ИИС Вы знаете?
3. Проанализируйте по чертежу одну из станций типа КРАМС.

## **11. Использование искусственных спутников Земли для метеорологических измерений**

Искусственные спутники Земли дают большой объем метеорологической информации. Для метеорологических измерений используются специальные

спутники, которые различаются как по особенностям своих орбит, так и по способам накопления и передачи информации.

Рассмотрите различные виды орбит метеорологических спутников. Проведите классификацию спутников по способам накопления и передачи информации. Проанализируйте блок-схему основных узлов метеорологического спутника (рис. 11.30 на стр. 434 в книге [1]). Далее рассматривается одна из систем передачи телевизионного изображения земной поверхности с искусственного спутника. В качестве примера технической реализации системы рассмотрите передающую телевизионную трубку «Видикон» или преобразователь с зарядовой связью (ПЗС).

### *Литература*

[1], разделы 9.3–9.7.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое геостационарные спутники? Какова высота их орбиты?
2. Можно ли запустить геостационарный спутник, неподвижно «висящий» над Санкт-Петербургом?
3. Каким образом происходит преобразование изображения земной поверхности в электрический сигнал?
4. Какие диапазоны длин волн используются для телевизионного зондирования земной поверхности из космоса?

## **12. Передача метеорологической информации по каналам связи. Факсимильная аппаратура**

После измерения всех метеопараметров на метеостанциях составляются специальные телеграммы, которые передаются в единый центр. На территории России этот центр находится в Москве. Здесь составляются карты погоды, затем эти карты передаются всем потребителям с помощью факсимильных аппаратов. Студенты должны изучить основные блоки факсимильной аппаратуры и знать принцип её работы. Изучите основные характеристики и параметры, которыми оценивается эффективность работ факсимильной аппаратуры. Изучается также схема основных блоков приемного и передающего факсимильного аппаратов. При этом изучаются лишь основные блоки, универсальные для всех факсимильных аппаратов, без привязки к какому-нибудь одному типу.

### *Литература*

[1], разделы 9.1, 9.2.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Что такое разрешающая способность факсимильных аппаратов?
2. Как связаны между собой разрешающая способность и скорость передачи?
3. Что такое синхронизация и фазирование в факсимильных аппаратах?

### **13. Перспективы развития метеорологической измерительной техники**

Развитие метеорологической измерительной техники в настоящее время идет в трех основных направлениях: совершенствование существующих датчиков, совершенствование методов обработки сигнала, поиск принципиально новых способов измерения метеорологических величин. Наиболее фундаментальным является третье направление. На рубеже XX–XXI вв. наиболее перспективным является лазерное зондирование атмосферы. Поэтому при изучении настоящего раздела основное внимание следует уделить лазерным системам зондирования.

Рассмотрите принцип действия лазера и возможности его использования для метеорологических измерений. Для этого разделите задачу на две части – техническую сторону и математическую (расчетную) часть задачи. Прежде всего рассмотрите физические принципы измерения метеорологических величин с помощью лазера. Подробно рассмотрите применение метода комбинационного рассеяния света (КРС) для лазерного зондирования атмосферных газов. Обратите внимание на технические трудности реализации подобного метода. Рассмотрите возможность применения метода КРС для измерения влажности, атмосферного давления и температуры. Вспомните о возможности применения лазеров для измерения скорости ветра.

Рассмотрите в общих чертах устройство *лидаров* – метеорологических лазерных локаторов.

Далее переходите к математической части задачи лазерного зондирования атмосферы. Рассмотрите *прямую* и *обратную* задачи. Обратите внимание на то, что если прямая задача разрешима почти всегда, то для решения обратной задачи иногда приходится вводить дополнительные приближения или задавать некоторые параметры. Укажите на перспективу использования лидаров на ИСЗ и возможность глобального спутникового мониторинга атмосферы в более-менее отдаленном будущем.

### ***Литература***

[1], глава 9.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие параметры лазеров делают их привлекательным инструментом для атмосферной локации?

2. Нарисуйте по памяти основную схему метеорологического лидара.
3. Что такое метод КРС и какие атмосферные параметры могут быть измерены на его основе? В чем состоят технические сложности его применения?
4. Какое физическое явление лежит в основе лазерного зондирования скорости ветра?
5. Что такое прямая и обратная задачи?

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### *Общие указания*

Рекомендуется выполнять задания контрольной работы после проработки соответствующих разделов рекомендованной литературы или после прослушивания лекций-вебинаров. При выполнении работ студент обязан дать четкие, ясные ответы на все поставленные вопросы и решить все поставленные задачи. Необходимо максимально иллюстрировать свою работу рисунками, графиками и схемами. Каждое утверждение должно быть доказано, каждая величина, указанная в формулах должна быть пояснена в тексте. Не допускается прямое переписывание текста учебников. При выполнении контрольной работы желательно ссылаться на примеры из Вашего собственного опыта работы. Очень желательно привести Ваше мнение о работе приборов, которые Вы описываете в тексте контрольных работ.

Объем контрольной работы составляет 20–25 страниц рукописного текста с учетом рисунков. Контрольные работы присылаются в Университет во время учебного года или сдаются в ФЗО перед сессией.

### *Задание 1*

Поясните смысл понятия «коэффициент тепловой инерции термометра». Выведите формулы (1) и (2), приведенные в разделе 2 на с. 7 настоящего «Методического Указания».

### *Задание 2*

Радиус шарообразного резервуара ртутного термометра равен  $R$ , температура окружающей среды равна  $\theta$ , начальная температура термометра равна  $T_0$ , а погрешность измерений не должна превышать  $\Delta T$ . Пользуясь формулами (1) и (2), рассчитайте коэффициент тепловой инерции термометра и время его выдержки в окружающей среде перед снятием показаний. Варианты задачи сведены в табл. 1. Требуемый вариант определяется начальной буквой фамилии студента. Так, например, вариант первый должны выполнять студенты, фамилии которых начинаются с букв от А до Д, вариант второй – от Е до К и т.д.

Таблица 1

Исходные параметры	Варианты				
	1	2	3	4	5
	А–Д	Е–К	Л–П	Р–Ф	Х–Я
$R$ , мм	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$\theta$ , К	263	273	283	288	293
$T_0$ , К	288	290	273	293	278
$\Delta T$ , К	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1

### Задание 3

Опишите принцип действия уравновешенного и неуравновешенного термометров сопротивления. Приведите соответствующие схемы с пояснениями. Что Вы понимаете под чувствительностью этих приборов? Перечислите погрешности уравновешенного и неуравновешенного термометров сопротивления и способы уменьшения этих погрешностей.

### Задание 4

Опишите принцип действия психрометра. Как Вы понимаете термин «идеальный психрометр»? Как изготовить психрометр, близкий по своим свойствам к идеальному?

### Задание 5

Какими параметрами характеризуется эффективность работы ротоанемометров? Что следует понимать под чувствительностью ротоанемометра? Каким параметром характеризуется инерция ротоанемометра? Приведите примеры ротоанемометров, используемых в метеорологических приборах.

### Задание 6

Опишите устройство и принцип действия актинометра, пиранометра и балансомера. Дайте определение понятию «радиационный баланс».

### Задание 7

Опишите устройство светолокационного измерителя высоты облачности ИВО-1м. Нарисуйте блок-схему прибора ИВО-1м с пояснением функции каждого блока прибора.

### Задание 8

Опишите устройство прибора ФИ-1 для измерения метеорологической дальности видимости. Какие особенности прибора ФИ-1 позволяют вести измерения в дневное время суток? Почему дневной свет, попадающий на фотоприемник ФИ-1, не мешает измерениям?

Для чего в импульсном фотометре используются два отражателя? При каких погодных условиях используется дальний или ближний отражатель?

### **Задание 9**

Что Вы понимаете под термином «информационно-измерительная метеорологическая система»? Какие особенности станции КРАМС позволяют отнести её к ИИМС? Изобразите блок-схему станции КРАМС (КРАМС-М, или КРАМС-2 или КРАМС-4) и поясните её, следуя книге [1] и [4,5].

### **Задание 10**

Какие особенности лазеров делают их особенно привлекательным инструментом для метеорологических измерений? Какие атмосферные параметры можно измерить с помощью лазеров? Какие физические явления являются основой этих измерений? Укажите трудности практической реализации лазерных измерений.

## **КУРСОВЫЕ РАБОТЫ**

Тема курсовой работы согласовывается с преподавателем. При этом студент получает от преподавателя указания по выполнению работы. Готовая курсовая работа сдается на кафедру во время сессии.

Приведенные темы являются обзорными, при выполнении которых студент должен составить возможно полное описание способов измерения соответствующей метеорологической величины, пользуясь литературой и сведениями, почерпнутыми из Интернета (рекомендуется использовать поисковые системы, вводя в строку поиска название исследуемой величины). Обязательны ссылки на литературные источники. Описание составляйте своими словами, избегая прямого «скачивания», что сразу же будет замечено при проверке. В конце работы должно быть приведено *ваше собственное суждение* о том, каковы достоинства и недостатки описанных методов измерения, в каких условиях целесообразно их применять. Сравните инерцию и чувствительность методов измерения. Желательно даже сравнить сложность и стоимость соответствующих приборов. Если вы работаете с приборами, измеряющими ту или иную метеорологическую величину, приведите ваше впечатление о работе приборов.

В конце работы обязательно приводится список используемой литературы.

Примечание. При обнаружении дословного сходства сданных работ (или дословного сходства с одной из работ, сданных в предыдущие годы), такие работы не зачитываются и возвращаются для полной переделки.

## Примерный перечень тем курсовых работ

1. Сравнение различных способов измерения температуры.
2. Сравнение различных способов измерения влажности воздуха.
3. Сравнение различных способов измерения скорости ветра.
4. Сравнение различных способов измерения направления ветра. Способы дистанционной передачи информации о направлении флюгарки.
5. Сравнение различных способов измерения атмосферного давления.
6. Сравнение различных способов измерения актинометрических величин.
7. Сравнение различных способов измерения высоты нижней границы облачности.
8. Сравнение различных способов измерения метеорологической дальности видимости.
9. Сравнение различных способов измерения содержания озона в атмосфере.
10. Сравнение различных способов измерения параметров атмосферных аэрозолей.
11. Измерение радиоактивного фона и радиоактивного заражения местности.
12. Измерение количества осадков. Автоматизация процесса измерения осадков.
13. Особенности измерения стандартных метеорологических величин в районе расположения метеорологической станции, где работает студент.
14. Особенности эксплуатации метеорологического измерительного прибора (по согласованию с преподавателем), с которым работает студент.
15. Информативный подход к проблеме измерения метеорологических параметров.
16. Передача метеорологической информации по каналам связи. Скорость передачи, проблема искажения сигналов.
17. Цифровые метеорологические измерительные приборы. Принципы конструирования цифровых приборов.
18. Соотношение тепловой инерции и чувствительности термометрических датчиков.
19. Измерение параметров атмосферного электричества. Электричество «хорошей погоды», грозовое электричество. Приборы и методы измерения.
20. Радиолокационное зондирование атмосферы. Использование радиолокаторов для измерения метеорологических величин.
21. Лазерное зондирование атмосферы. Лидары и их возможности для измерения метеопараметров.
22. Измерения атмосферных параметров с помощью искусственных спутников Земли.

## **ДИПЛОМНЫЕ РАБОТЫ**

Перед выполнением дипломной работы студент обязан проконсультироваться с преподавателем, получить его согласие на руководство. Далее согласовывается тема работы, о чем студент должен поставить в известность деканат. При выполнении работы обязательны периодические консультации с преподавателем (например, с использованием Интернета). Для окончательного редактирования текста работы студент обязан заблаговременно прибыть в Университет. Срок прибытия согласовывается с руководителем.

### **Примерный перечень тем дипломных работ**

1. Измерение метеорологической дальности видимости методом обратного рассеяния светового пучка.
2. Проблема инерции и чувствительности термометрических датчиков, поиск оптимального соотношения.
3. Проблема конденсационных следов за самолетами и снижения радиационных потоков.
4. Проблема взаимосвязи космических лучей и погоды на Земле.
5. Экологические проблемы, приборы контроля экологических параметров.
6. Грозовое электричество, проблема поиска причин возникновения электризации.
7. Встречные темы (например, поиск оптимальных путей организации измерений на вашей метеорологической станции).

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Общие указания . . . . .	4
Литература . . . . .	4
Указания по разделам . . . . .	5
Введение . . . . .	5
<b>Часть 1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРО- ЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ</b>	
1. Основные понятия метеорологических измерений. Классификация метеорологических измерительных приборов . . . . .	5
2. Измерение температуры . . . . .	6
3. Измерение влажности воздуха . . . . .	7
4. Измерение параметров ветра . . . . .	8
5. Измерение атмосферного давления . . . . .	9
6. Актинометрические измерения . . . . .	10
<b>Часть 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ     ПРИБОРЫ</b>	
7. Дистанционные метеорологические приборы . . . . .	10
8. Основные принципы устройства цифровых измерительных приборов. Основы теории информации . . . . .	12
9. Метеорологические измерения экологических параметров . . . . .	12
10. Информационно-измерительные метеорологические системы. Автоматические метеорологические станции . . . . .	13
11. Использование искусственных спутников Земли для метеорологических измерений . . . . .	13
12. Передача метеорологической информации по каналам связи. Факсимильная аппаратура . . . . .	14
13. Перспективы развития метеорологической измерительной техники . . . . .	15
Контрольная работа . . . . .	16
Курсовые работы . . . . .	18
Примерный перечень тем курсовых работ . . . . .	19
Дипломные работы . . . . .	20
Примерный перечень тем дипломных работ . . . . .	20

*Учебное издание*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по дисциплине

**«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**

*Составитель:* Николай Олегович Григоров

*Редактор:* И.Г. Максимова

*Компьютерная верстка:* Ю.И. Климов

ЛР № 020309 от 30.12.96.

---

Подписано в печать 17.10.13. Формат 60×90 1/16. Гарнитура Newton.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,5. Тираж 300 экз. Зак. № 213.

РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр. 98.

Отпечатано в ЦОП РГГМУ

---