

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине «Аэрология»

по специальности «050610– Гидрометеорология»

Аннотация

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Аэрология» по специальности «050610 – Гидрометеорология» разработан в соответствии с требованиями ГОСО РК.

Составитель: Чередниченко Владимир Сергеевич, д.г.н., профессор.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Утверждено
Приказом Министерства образования
и науки РК

« ___ » _____ № ___

ТИПОВАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
(высшее профессиональное образование)

АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

По специальности 050610 – гидрометеорология

объем 2 кредита (90 часов)

Типовая учебная программа составлена Казахским национальным университетом имени аль-Фараби

Автор:

Шушарина Людмила Матвеевна, старший преподаватель КазНУ им. аль-Фараби.

Рецензенты:

Турулина Галина Костантиновна к.г.н., доцент КазНУ им. аль-Фараби;

Есеркепова Ирина Байтурсыновна, к.г.н., Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата.

Программа рекомендована к изданию Советом учебно-методического объединения
КазНУ имени аль-Фараби

Протокол № 1 от 19 ноября 2004 года

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью курса «Авиационная метеорология» является подготовка специалистов, обладающих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для качественного проведения метеорологического обеспечения полетов с целью повышения безопасности, регулярности и экономической эффективности воздушных перевозок.

Основная задача курса – изучение вопросов влияния метеорологических условий на деятельность авиации, с теоретическими и методическими основами метеорологического обеспечения полетов.

Студент должен знать основные летно-технические характеристики воздушных судов современной гражданской авиации и их зависимость от состояния атмосферы, условия полетов на различных высотах и в разных географических районах, порядок метеорологического обеспечения гражданской авиации и регламентирующие документы.

Студент должен уметь грамотно анализировать аэросиноптические материалы и подготавливать необходимую метеорологическую документацию, оценивать возможность возникновения сложных метеорологических условий и опасных для авиации атмосферных явлений. Хорошо ориентироваться в особенностях метеорологического обеспечения полетов авиации различного применения.

Изучение курса «Авиационная метеорология» базируется на знаниях студентов, полученных в результате усвоения курсов: физической метеорологии, гидромеханики, физики, математики. Смежными дисциплинами, изучение которых тесно связано с изучением «Авиационной метеорологии» являются: синоптическая метеорология, аэрология и спутниковая метеорология.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ

Предмет, задачи авиационной метеорологии и краткая история ее развития. Связь авиационной метеорологии с аэродинамикой, аэронавигацией и другими авиационными дисциплинами. Необходимость учета метеорологических условий с целью повышения безопасности, регулярности и экономичности воздушных перевозок. Международное сотрудничество в области авиационной метеорологии.

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ

Аэродинамика самолетов

Причины возникновения подъемной силы. Обтекание тел при различных скоростях полета. Понятие о сжимаемости воздуха.

Стандартная атмосфера, использование ее параметров в деятельности авиации. Понятие о стандартной высоте и приведение результатов летных испытаний к условиям стандартной атмосферы. Способы определения высоты полета. Система эшелонирования самолетов при полетах на воздушных трассах. Определение безопасной высоты полета.

Воздушная скорость и способы ее определения. Влияние температуры воздуха на показания указателя воздушной скорости.

Влияние температуры и плотности воздуха на скорость полета, тягу двигателя, потолок самолета и на расход топлива. Влияние температуры и плотности воздуха на взлет, полет и посадку ВС.

Учет отклонения температуры воздуха от стандартного значения при определении потолка самолета.

Изменчивость температуры воздуха на больших высотах и ее влияние на основные летно-технические характеристики самолетов.

Влияние ветра на полет ВС

Влияние скорости и направления ветра на путевую скорость и направление полета. Навигационный треугольник скоростей. Понятие об эквивалентном ветре. Влияние ветра на взлет и посадку ВС. Сдвиги ветра в нижнем слое атмосферы.

Аэросиноптические условия возникновения сильных сдвигов ветра. Прогноз ветра в нижнем слое атмосферы, на высоте круга и в свободной атмосфере.

Струйные течения в атмосфере и их аэронавигационное значение. Прогноз горизонтального перемещения оси струйного течения. Прогноз скорости максимального ветра и высоты оси струйного течения.

Влияние атмосферной турбулентности на полеты ВС

Виды атмосферной турбулентности, причины ее возникновения и влияния на полет ВС. Перегрузка и болтанка, возникающие при полете в турбулентной атмосфере. Влияние турбулентности на взлет, полет и посадку ВС.

Прогноз болтанки.

Влияние облачности и ограниченной видимости на полет ВС

Облачность и видимость как основные факторы, определяющие сложность метеорологических условий для полетов авиации. Минимумы погоды. Метеорологическая, полетная и посадочная видимость и их зависимости от различных факторов. Основные метеорологические явления, ухудшающие видимость, и условия полета в них. Условия полетов в облаках различных форм и в зонах атмосферных фронтов. Конденсационные следы за самолетами.

Обледенение самолетов и его влияние на полеты ВС

Обледенение как опасное для авиации явление погоды. Классификация ледяных

Классификация ВС и аэродромов ГА

Классификация самолетов и вертолетов ГА. Классификация аэродромов. Составные части аэродрома.

Классификация полетов

Классификация полетов ГА. Организация полетов в ГА. Организация единой системы управления воздушным движением (ЕС УВД).

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ ГА

Организация работы авиационных метеорологических станций (АМСГ)

Назначение, задачи и организация метеорологического обеспечения полетов ГА. Размещение и оборудование АМСГ. Виды и объем работы на АМСГ. Организация метеорологических, аэрологических, радиолокационных и спутниковых наблюдений на АМСГ. Сбор и распространение метеорологической информации на АМСГ. Цели, задачи и основные направления автоматизации метеорологического обеспечения полетов. Автоматизация сбора и первичного анализа информации о состоянии погоды в аэропортах. Организация штормового оповещения и предупреждения на АМСГ. Авиационно-метеорологические коды, применяемые для обмена метеорологической информацией в ГА, международная система обмена метеороинформацией. Авиационные метеорологические банки данных. Авиационные прогнозы погоды, порядок их составления и оценка оправдываемости в ГА, использование данных метеорологических радиолокационных станций и искусственных спутников Земли при метеорологическом обеспечении полетов ГА.

Порядок метеорологического обеспечения полетов в ГА

Основные требования, предъявляемые к метеорологическому обеспечению ГА. Порядок метеорологического обеспечения полетов по различным трассам. Особенности метеорологического обеспечения полетов на различных высотах и в разных географических районах. Порядок метеорологического обеспечения органов УВД. Комплексный анализ атмосферных процессов при метеорологическом обеспечении полетов. Прогноз погоды для авиации.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Оценка влияния отклонения температуры и давления от стандартных значений на полет самолета.
2. Авиационные метеорологические коды и их использование при обмене метеорологической информацией в ГА.
3. Использование аэрологической диаграммы в целях метеорологического обеспечения гражданской авиации в ГА.

3. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

Дополнительная:

1. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА-78). М.: Воздушный транспорт, 1978.
2. Наставление по службе движения полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА-81). М.: Воздушный транспорт, 1981.

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ – ФАРАБИ

Географический факультет

Кафедра метеорологии

Утверждена
на заседании Ученого совета
географического факультета
протокол № __ от «__» ____ 2008 г.
декан _____ Надыров Ш.М.
«__» _____ 2008 г.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Аэрология
специальность 050610 - Гидрометеорология
форма обучения – очная
количество кредитов 4
курс 3
семестр 6
лекций 45 часов
лабораторных 15 часов
всего аудиторных 80 часов
СРС 100 часов
СРСП 20 часов
Общая трудоемкость 180 часов
Количество РК 2

Рабочая учебная программа составлена д.г.н., проф. Чердниченко В.С. на основании типовой программы по курсу «Аэрология».

Рассмотрена на заседании кафедры метеорологии

«__» _____ 2008 г. Протокол № _____

Зав. кафедрой _____ Чердниченко В.С.

Одобрена методическим бюро географического факультета
КазНУ им. аль – Фараби

«__» _____ 2008 г. Протокол № _____

Председатель _____ К.Д. Дүйсебаева

ПРЕДИСЛОВИЕ

1.1. Цели преподавания дисциплины.

Основной задачей курса является изучение теоретических и методических основ современных и перспективных методов зондирования атмосферы, способов обработки получаемой информации. Поскольку современные методы часто являются дальнейшим логическим развитием методов, существовавших ранее, то знание истории развития того или иного метода тоже необходимо.

1.2. Задачи изучения дисциплины.

Курс «Аэрология» призван обеспечить подготовку специалистов-метеорологов, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми как для качественного проведения аэрологические и радиометеорологические измерений, так и для эффективного использования в оперативной прогностической и другой работе результатов измерений самыми современными и перспективными методами. Для обеспечения последней задачи в программе отводится значительное место изучению доплеровских радаров, методов обработки и интерпретации результатов их наблюдений, организации радиолокационных осадкомерных сетей, спутниковым метеорологическим навигационным системам, пассивному вертикальному зондированию, радиоакустическому зондированию и др.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны **знать**:

- условия эксплуатации соответствующих технических средств и правила техники безопасности и при работе с ними.

Студенты должны **уметь**:

- производить и обрабатывать радиометеорологические измерения и правильно их интерпретировать.

Пререквизиты (предшествующие дисциплины):

- Физика;
- Физическая метеорология;
- Основы электроники;
- Методы метеорологических измерений;

Постреквизиты (последующие и смежные дисциплины):

- Авиационная метеорология;
- Синоптическая метеорология;
- Спутниковая метеорология.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

Данная дисциплина состоит из 4 тем.

Тема 2. Радиоветровые наблюдения включает вопросы: метод радиопеленга и метод радиолокации, пассивный и активный радиолокационные методы, радиолокационные отражатели для радиолокационного метода, ЭПР радиолокационных отражателей разных конструкций, производства радиотеодолитных и радиолокационных ветровых наблюдений, радиотеодолиты, поверка радиотеодолитов и РЛС, контрольные и сравнительные наблюдения, точность определения характеристик ветра радиометодами, погрешности методов ветровых наблюдений в системах «Н» и «Д», телеметрические системы измерений, структура и основные характеристики, телеметрическая информация и способы ее кодирования, погрешности измерений телеметрических измерительных систем, первичные преобразователи, деформационные преобразователи давления и их модификации, гипсометрический метод, расчет давления по уравнению статики, первичные преобразователи температуры: деформационные термометры, металлические термометры сопротивления, полупроводниковые датчики (термисторы), термоконденсаторы, электролитические датчики, первичные преобразователи влажности: психрометрический метод, метод точки росы, гигроскопический метод: волосные, пленочные датчики, электролитический гигрометр, карбоновый гигристор, датчики разных модификаций – 8 часов.

Тема 3. Комплексное зондирование атмосферы включает вопросы: сущность и составные части комплексного зондирования, этапы, система зондирования РЛС «Метеорит» – радиозонд РКЗ (МАРЗ), блок-схема и принцип работы радиозонда, тарифовочные графики, таблицы СХГ, структура этикетки, питание радиозонда, подготовка радиозонда к выпуску, контрольная поверка, наземная станция РЛС «Метеорит», назначение и основные технические характеристики, блок-схема, принцип работы, подготовка к выпуску радиозонда, работа РЛС при зондировании, структура, принимаемые координаты и телеметрическая информация, основные цели и этапы обработки информации, понятие об автоматической централизованной обработке радиозондов, основные принципы положенные в ее основу, система зондирования АВК – радиозонд МРЗ-3А, радиозонд МРЗ-3А, особенности его работы, блок-схема АВК-1, назначение основных систем, работа АВК-1 в процессе зондирования, виды и структура выдаваемой информации – 12 часов.

Тема 4. Аэрологическая сеть включает вопросы: мировая аэрологическая сеть, аэрологическая станция, выбор места для нее, основные сооружения и оборудование, оболочки для запусков радиозондов, влияние метеорологических факторов на высоту подъема оболочек, газы для наполнения оболочек гелий и водород, их физические свойства, баллоны для хранения и транспортировки водорода, методы добывания водорода на аэрологической станции: силиколевые, алюмо-силиколевые, щелочно-алюминиевые, устройство генераторов высокого и низкого давления, обеспечение качества данных зондирования, технический и критический контроль на аэрологической станции, контроль в отделе аэрологии и прогностических центрах разных уровней, методическое руководство аэрологической сетью и инспекция, оперативная передача аэрологической информации и методы ее контроля, аэрологические коды, материалы с данными зондирования: таблица ТАЭ-3, ТАЭ-16, среднемесячные данные о состоянии атмосферы, системы температурно-ветрового зондирования некоторых стран – 9 часов.

Лабораторные занятия:

1. Решение задач по определению вертикальной скорости подъема шара-пилота по

Таблица 1.

КАЛЕНДАРНО – ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

для лекционных и лабораторных занятий

№ п/п	Название темы	Распределение по неделям					
		Лекции		Лаб. занятия		СРСП	
		неделя	кол-во часов	неделя	кол-во часов	неделя	кол-во часов
1	<i>Прямые методы зондирования</i>						
1.1	Введение, предмет аэрологии, методы аэрологических наблюдений и измерений, измерение направления и скорости ветра, классификация методов, используемых для определения ветра, принципы используемые при измерении ветра прямыми методами.	1	3				
1.2	Метод одноpunktных шаропилотных наблюдений, сущность метода, шаропилотный треугольник, методы обработки шаропилотных наблюдений. Полная и свободная подъемная сила шаропилота. Уравнение движения шаров-пилотов.	2	3				
1.3	Вертикальная скорость и ее изменения с высотой, факторы влияющие на вертикальную скорость.	3	3				
1.4	Вспомогательные методы определения высоты шара в нижнем слое методы расчета вертикальной скорости, организация шаропилотных наблюдений.	4	3				
1.5	Аэрологические теодолиты и требования к ним, нивелировка и ориентировка, выбор места для установки шаропилотные	5	3				

	отражатели для радиолокационного метода, ЭПР радиолокационных отражателей разных конструкций, производства радиотеодолитных и радиолокационных ветровых наблюдений. Радиотеодолиты, поверка радиотеодолитов и РЛС, контрольные и сравнительные наблюдения, точность определения характеристик ветра радиометодами, погрешности методов ветровых наблюдений в системах «Н» и «Д»						
2.2	Телеметрические системы измерений, структура и основные характеристики, телеметрическая информация и способы ее кодирования, погрешности измерений телеметрических измерительных систем. Первичные преобразователи, деформационные преобразователи давления и их модификации, гипсометрический метод, расчет давления по уравнению статики. Первичные преобразователи температуры: деформационные термометры, металлические термометры сопротивления, полупроводниковые датчики (термисторы), термоконденсаторы, электролитические датчики, Первичные преобразователи влажности: психрометрический метод, метод точки росы, гигроскопический метод: волосные, пленочные датчики, электролитический гигрометр, карбоновый гигристор, датчики разных модификаций.	8	3				
3	Комплексное зондирование атмосферы						
3.1	Сущность и составные части комплексного зондирования.						

	выпуску радиозонда, работа РЛС при зондировании, структура, принимаемые координаты и телеметрическая информация, основные цели и этапы обработки информации						
3.3	Понятие об автоматической централизованной обработке радиозондов, основные принципы положенные в ее основу	11	3				
3.4	Система зондирования АВК – радиозонд МРЗ-3А, радиозонд МРЗ-3А, особенности его работы, блок-схема АВК-1, назначение основных систем, работа АВК-1 в процессе зондирования, виды и структура выдаваемой информации	12	3				
4	<i>Аэрологическая сеть</i>						
4.1	Мировая аэрологическая сеть, аэрологическая станция, выбор места для нее, основные сооружения и оборудование, оболочки для запусков радиозондов, влияние метеорологических факторов на высоту подъема оболочек	13	3				
4.2	Газы для наполнения оболочек гелий и водород, их физические свойства, баллоны для хранения и транспортировки водорода, методы добывания водорода на аэрологической станции: силиколевые, алюмо-силиколевые, щелочно-алюминиевые, устройство генераторов высокого и низкого давления	14	3				
4.3	Обеспечение качества данных зондирования, технический и критический контроль на аэрологической станции, контроль в отделе аэрологии и прогностических центрах разных уровней, методическое руководство аэрологической сетью	15	3				

	грузоподъемности шара для подъема его, с заданной стандартной вертикальной скорости.			2-3	2		
3.	Изучение конструкции аэрологических теодолитов ШТ, АТК, АШТ.			4 -5	2		
4.	Поверка аэрологических теодолитов.			6	1		
5.	Составление аэрологических телеграмм по коду КН-03.			7	1		
6.	Обработка шаропилотных наблюдений. Критический контроль. Телеграмма.			8-9	2		
7.	Обработка радиоветровых наблюдений. Критический контроль. Телеграмма.			10-11	2		
8.	Обработка данных температурно-ветрового зондирования атмосферы.			12-13	2		
9.	Критпросмотр результатов ТВЗ до подачи телеграммы.			14	1		
10	Составление аэрологической телеграммы по коду КН-04.			15	1		
1.	Освоение заданий по лекции № 1 в аудитории					1-2	4
2.	Освоение заданий по лаб. занятию № 1-2 в аудитории					3	1
3.	Освоение заданий по лаб. занятию № 3-4 в аудитории					4-6	4
4.	Освоение заданий по лекции № 2 в аудитории					7-8	2
5.	Освоение заданий по лаб. занятию № 5-6 в аудитории					9-10	3
6.	Освоение заданий по лекции № 3 в аудитории					11-12	3
7.	Освоение заданий по лаб. занятию № 7-8 в аудитории					13	1
8.	Освоение заданий по лекции № 4 в аудитории					14	1
9.	Освоение заданий по лаб. занятию № 9-10 в аудитории					15	1

1.	Прямые методы. Метод однопунктных шаропилотных наблюдений	Подготовка к тестовому занятию	Выучить и знать	1. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с. 2. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. – Л.: Гидро метеоиздат, 1980.– 432 с. 3. Зайцева Н.А. Аэрология. Учебник для техникумов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 320 с.	Участие в тестовом занятии	4 неделя	5
2.	Радиоветровые наблюдения	Подготовка к тестовому занятию	Выучить и знать	1. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с. 2. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990.–320 с.	Участие в тестовом занятии	8 неделя	5
3.	Телеметрические системы измерений	Подготовка к тестовому занятию	Выучить и знать	1. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с. 2. Вельтищев Н.С. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций ВМО. – Секретариат ВМО, Женева, 1988. – 138 с.	Участие в тестовом занятии	12 неделя	5
4.	Комплексное зондирование	Подготовка к	Выучить	1. Чередниченко В.С. Радиометеорология и	Участие в тестовом	15 неделя	

Основная:

1. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 635 с.

Дополнительная:

1. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 432 с.
2. Зайцева Н.А. Аэрология. Учебник для техникумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 320 с.
3. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1990.–320 с.
4. Вельтищев Н.С. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций ВМО. – Секретариат ВМО, Женева, 1988. – 138 с.

2. График учебных занятий

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лекции	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Лабораторные занятия	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
СРСП	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

3. Список заданий для СРС и график их выполнения

Список заданий в таблице 2.

4. График рубежного контроля

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коллоквиум №1							*								
Коллоквиум №2															*

5. Вопросы для подготовки к рубежным контролям

РК №1. (коллоквиум)

1. Курс «Аэрология». Предмет и задачи.
2. Классификация методов, используемых в аэрологии.
3. Метод однопунктных шаропилотных наблюдений, суть метода, шаропилотный треугольник.
4. Методы обработки шаропилотных наблюдений: аналитический, графический, графоаналитический.

Погрешности измерений.

Первичные преобразователи давления, температуры, влажности

Система РЛС «Метеорит – радиозонд РКЗ»:

- блок-схема и принцип работы радиозонда;
- тарифовочные графики радиозонда;
- подготовка радиозонда к выпуску;
- питание радиозонда и его подготовка;
- контрольная поверка радиозонда по температуре и влажности;
- выпуск радиозонда.

Наземная РЛС «Метеорит»:

- назначение и основные технические характеристики;
- установка и подготовка РЛС к работе;
- основные цели и этапы обработки информации

Система зондирования «АВК – радиозонд МРЗ-3А».

6. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Какой параметр является обязательным при определении вертикальной скорости шара-пилота по любому из методов?
2. Каким образом изменяется вертикальная скорость с высотой?
3. Способы расчета вертикальной скорости шара-пилота.
4. Методы обработки шаропилотных наблюдений.
5. Недостатки метода однопунктных шаропилотных наблюдений.
6. Факторы, влияющие на вертикальную скорость шара-пилота.
7. Преимущество метода базисных наблюдений перед методом однопунктных наблюдений?
8. Метод измерения высоты нижней границы облаков.
9. Как передаются результаты шаропилотных наблюдений потребителю?
10. Метод однопунктных шаропилотных наблюдений.
11. Метод обработки шаропилотных наблюдений: аналитический метод; графоаналитический метод; графический метод.
12. Особенности обработки наблюдений с движущегося корабля.
13. Вертикальная скорость шаров-пилотов.
14. Полная и свободная подъемная сила шара-пилота.
15. Уравнение движения шара.
16. Формулы для практического определения вертикальной скорости.
17. Факторы, влияющие на вертикальную скорость шаропилота.
18. Погрешности метода.
19. Аэрологические теодолиты.
20. Требования к аэрологическим теодолитам.
21. Нивелировка и ориентирование теодолита.
22. Поверка теодолитов.
23. Организация однопунктных шаропилотных наблюдений.
24. Выбор места и оборудование пункта.

38. Анализ результатов контрольных и сравнительных наблюдений.
39. Точность определения характеристик ветра радиометодами.
40. Структура и основные характеристики телеметрических систем.
41. Характеристики сигналов и способы их кодирования.
42. Погрешности измерений.
43. Первичные преобразователи давления, температуры, влажности.
44. Система РЛС «Метеорит» – радиозонд «РКЗ»:
45. блок-схема и принцип работы радиозонда;
46. тарифовочные графики радиозонда;
47. подготовка радиозонда к выпуску;
48. питание радиозонда и его подготовка;
49. контрольная поверка радиозонда по температуре и влажности;
50. выпуск радиозонда.
51. Наземная РЛС «Метеорит»:
52. назначение и основные технические характеристики;
53. установка и подготовка РЛС к работе;
54. основные цели и этапы обработки информации.
55. Централизованная автоматическая обработка ОКА-3.
56. Система зондирования «АВК – радиозонд МРЗ-3А».

7. Перечень используемых наглядных пособий, ТСО, ЭВМ

- комплект измерительных приборов аэрологической станции (КИПАС);
- другие аэрологические приборы;
- компьютеры с информацией МРЛ за три года.

Политика выставления оценок

- Критерии оценки (разбалловка по видам занятий).
 рубежный контроль I (включая текущий контроль) – 30 % - 7 неделя.
 рубежный контроль II (включая текущий контроль) – 30 % - 15 неделя.
 Промежуточная аттестация – 40 %.

Итого 100 %

Рубежный контроль (РК) I проводится на 7 неделе.

Рубежный контроль (РК) II проводится на 15 неделе.

Итоги РК и текущего контроля проставляются в ведомости по накопительному принципу и являются основанием допуска к экзамену.

- Шкала оценок (%)

А	95-100%	Отлично
А-	90-94	
В+	85-89	
В	80-84	
В-	75-79	

СИЛЛАБУС

2. по дисциплине «Аэрология»
3. Форма обучения: очная
Курс 3
4. Количество кредитов 4
5. Сведения о преподавателе: Чередниченко Владимир Сергеевич, д.г.н., профессор.
6. Контактная информация: Алматы, пр. аль – Фараби 71, географический факультет, кафедра метеорологии, 47-26-13 (внутр. 12-25), E- mail: meteo kaf@kazsu.kz.
7. Краткое описание курса:

Цель курса: «Аэрология» состоит в изучении теоретических и методических основ современных и перспективных методов зондирования атмосферы, способов обработки и анализа получаемой информации.

Задачи изучения дисциплины.

В задачи данного курса входит изучение:

- доплеровских радаров, методов обработки и интерпретации результатов их наблюдений;
- организации радиолокационных осадкомерных сетей;
- спутниковых метеорологических навигационных систем, пассивного вертикального зондирования;
- радиоакустического зондирования и др;

В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- условия эксплуатации соответствующих технических средств и правила техники безопасности и при работе с ними.

Студенты должны уметь:

- производить и обрабатывать радиометеорологические и аэрологические измерения и правильно их интерпретировать.

8. Пререквизиты (предшествующие дисциплины):

- Физика;
- Физическая метеорология;
- Основы электроники;
- Методы метеорологических измерений;

Постреквизиты (последующие и смежные дисциплины):

- Авиационная метеорология;
- Синоптическая метеорология;
- Спутниковая метеорология.

9. Тематическое содержания курса:

Данная дисциплина состоит из 4 тем.

Тема 1. Прямые методы зондирования включает вопросы: введение, предмет аэрологии, методы аэрологических наблюдений и измерений, измерение направления и скорости ветра, классификация методов, используемых для определения ветра, принципы используемые при измерении ветра прямыми методами, метод однопунктных шаропилотных наблюдений, сущность метода, шаропилотный треугольник, методы обработки шаропилотных наблюдений, полная и свободная подъемная сила шаропилота,

уравнение движения шаров-пилотов, вертикальная скорость и ее изменения с высотой, факторы

телеметрическая информация и способы ее кодирования, погрешности измерений телеметрических измерительных систем, первичные преобразователи, деформационные преобразователи давления и их модификации, гипсометрический метод, расчет давления по уравнению статики, первичные преобразователи температуры: деформационные термометры, металлические термометры сопротивления, полупроводниковые датчики (термисторы), термоконденсаторы, электролитические датчики, первичные преобразователи влажности: психрометрический метод, метод точки росы, гигроскопический метод: волосные, пленочные датчики, электролитический гигрометр, карбоновый гигристор, датчики разных модификаций – 6 часов.

Тема 3. Комплексное зондирование атмосферы включает вопросы: сущность и составные части комплексного зондирования, этапы, система зондирования РЛС «Метеорит» – радиозонд РКЗ (МАРЗ), блок-схема и принцип работы радиозонда, тарифовочные графики, таблицы СХГ, структура этикетки, питание радиозонда, подготовка радиозонда к выпуску, контрольная поверка, наземная станция РЛС «Метеорит», назначение и основные технические характеристики, блок-схема, принцип работы, подготовка к выпуску радиозонда, работа РЛС при зондировании, структура, принимаемые координаты и телеметрическая информация, основные цели и этапы обработки информации, понятие об автоматической централизованной обработке радиозондов, основные принципы положенные в ее основу, система зондирования АВК – радиозонд МРЗ-3А, радиозонд МРЗ-3А, особенности его работы, блок-схема АВК-1, назначение основных систем, работа АВК-1 в процессе зондирования, виды и структура выдаваемой информации – 12 часов.

Тема 4. Аэрологическая сеть включает вопросы: мировая аэрологическая сеть, аэрологическая станция, выбор места для нее, основные сооружения и оборудование, оболочки для запусков радиозондов, влияние метеорологических факторов на высоту подъема оболочек, газы для наполнения оболочек гелий и водород, их физические свойства, баллоны для хранения и транспортировки водорода, методы добывания водорода на аэрологической станции: силиколевые, алюмо-силиколевые, щелочно-алюминиевые, устройство генераторов высокого и низкого давления, обеспечение качества данных зондирования, технический и критический контроль на аэрологической станции, контроль в отделе аэрологии и прогностических центрах разных уровней, методическое руководство аэрологической сетью и инспекция, оперативная передача аэрологической информации и методы ее контроля, аэрологические коды, материалы с данными зондирования: таблица ТАЭ-3, ТАЭ-16, среднемесячные данные о состоянии атмосферы, системы температурно-ветрового зондирования некоторых стран – 9 часов.

Лабораторные занятия:

1. Решение задач по определению вертикальной скорости подъема шара-пилота по грузоподъемности шара и длине окружности или массе оболочки.
2. Решение задач по определению грузоподъемности шара для подъема его, с заданной стандартной вертикальной скорости.
3. Изучение конструкции аэрологических теодолитов ШТ, АТК, АШТ.
4. Поверка аэрологических теодолитов.
5. Составление аэрологических телеграмм по коду КН-03.
6. Обработка шаропилотных наблюдений. Критический контроль. Телеграмма.
7. Обработка радиоветровых наблюдений. Критический контроль. Телеграмма.

4. Вельтищев Н.С. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций ВМО. – Секретариат ВМО, Женева, 1988. – 138 с.

10. Виды и сроки сдачи СРС.

1. Реферат на тему: «Методы измерения вертикальной скорости в нижнем слое атмосферы». Срок сдачи – 4 неделя.

2. Реферат на тему: «Обоснование требований к устройству аэрологических теодолитов, вытекающие из условий эксплуатации». Срок сдачи – 8 неделя.

3. Реферат на тему: «Первичные преобразователи давления, температуры для верхних слоев атмосферы». Срок сдачи – 12 неделя.

4. Реферат на тему: «Использование радаров метеослужбами многих стран». Срок сдачи – 15 неделя.

11. Формы РК и экзамена.

РК I	коллоквиум	7 неделя
РК II	коллоквиум	15 неделя

Экзамен проводится устно.

12. Политика выставления оценок.

Рубежный контроль I (включая текущий контроль) – 30 % - 7 неделя.

Рубежный контроль II (включая текущий контроль) – 30 % - 15 неделя.

Экзамен – 40%.

Итоги РК и текущего контроля проставляются в ведомости по накопительному принципу и являются основанием допуска к экзамену. Если обучающийся набрал в течение семестра по итогам РК и текущему контролю менее половины максимальной оценки (60%) по дисциплине, то он к экзамену не допускается.

13. Политика курса:

- обязательное посещение занятий;
- активность во время практических (семинарских) занятий;
- подготовка к занятиям, к выполнению домашнего задания и СРС.

Недопустимо:

- опоздание и уход с занятий;
- пользование сотовыми телефонами во время занятий;
- обман и плагиат;
- несвоевременная сдача заданий.

ГЛОССАРИЙ

Аэрологией называют область метеорологической науки, которая занимается методами измерений в свободной атмосфере, а также физическими процессами, происходящими в ней.

Косвенные активные методы позволяют исследовать атмосферу с помощью наблюдений за распространением радиоволн, звуковых волн, лазерного излучения, метеоритами и др.

В последние годы косвенные **активные методы** получили широкое развитие.

Сигнал - это электрическая величина, содержащая в себе синхронные изменения измеряемого метеорологического параметра.

В радиолокаторах доплеровского типа (ДРЛС или Д - радар) используется **эффект Доплера**, заключающийся в том, что частота движущегося по отношению к приемнику источника излучения не остается постоянной.

Радиозонд МРЗ-ЗА является одной из моделей радиозондов серии 1Б25, разработанных Свердловским политехническим институтом.

В качестве датчика температуры используется **термистор**, а датчиком влажности является животная пленка, соединенная механически с реостатным преобразователем.

Под **комплексным зондированием атмосферы** подразумевают зондирование, в результате которого получают данные о распределении с высотой основных параметров атмосферы: давления, температуры, влажности, направления и скорости ветра.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

Лекция 1.

Предмет и задачи курса «Аэрология». Связь курса с другими науками

Цель лекции:

Показать, что «аэрология» является частью большого раздела в метеорологии, «Методы метеорологических измерений». Курс неразрывно связан со смежными дисциплинами: физика атмосферы, методы метеорологических измерений, радиометеорология, а также с физикой, химией, математикой.

Ключевые слова:

Дистанционные измерения, свободная атмосфера, температура, давление, направление и скорость ветра.

Аэрологией называют область метеорологической науки, которая занимается методами измерений в свободной атмосфере, а также физическими процессами, происходящими в ней. Аэрология выделилась в самостоятельную науку сравнительно недавно, около 60-70 лет назад, когда с развитием авиации, а также методов метеорологических прогнозов, интерес к процессам на высотах необычайно возрос и появился ряд новых эффективных методов измерений в свободной атмосфере. Решающую роль при этом сыграло появление в 1930г в СССР первого радиозонда, а с ним метода температурно-ветрового зондирования.

Методы аэрологических наблюдений и измерений различаются по объектам изучения и по применяемым для этого средствам. Систематические аэрологические наблюдения ведутся сетью аэрологических станций за направлением и скоростью ветра, распределением давления, температуры и влажности на высотах. Кроме этого, в научных целях, естественно уже с меньшей систематичностью и меньшим числом пунктов, ведутся наблюдения за лучистым теплообменом, распределением озона, электрического потенциала, показателя преломления радиоволн, космической радиации и др.

По характеру применяемых средств все методы исследований в атмосфере можно разделить на две группы:

- прямые методы;
- косвенные методы.

К прямым методам относят те, в которых для измерения используются приборы, поднимаемые с помощью летательных аппаратов легче или тяжелее воздуха. Такими методами являются шаропилотные ветровые наблюдения, температурно-ветровое зондирование, самолетное, аэростатное, ракетное зондирование атмосферы и др, где для измерения применяются специальные приборы.

К косвенным относятся методы, в которых не ведется прямых измерений параметров атмосферы. Эти параметры определяются по взаимодействию атмосферы или гидрометеоров с излучением различного типа или по собственному излучению, а также по взаимодействию с некоторыми телами (метеорами и др). Соответственно, все косвенные методы делят на активные и пассивные. К активным относят методы, в которых используется какой-либо источник

Методы лазерного, акустического зондирования, строго говоря, уже не относятся к радиометеорологическим. Однако они являются интенсивно развивающимися разновидностями косвенного активного зондирования.

Косвенными пассивными называют методы, в которых параметры атмосферы или других объектов определяются по их собственному излучению. Вертикальное зондирование атмосферы со спутников, а в последние годы - и с земли, по её собственному излучению является примером косвенного пассивного зондирования. Такие данные сейчас широко используются в гидродинамических прогнозах погоды, некоторых отраслях хозяйственной деятельности, научных целях.

Вопросы для самоконтроля:

1. История развития аэрологии.
2. Прямые и косвенные методы измерений.
3. Методы, применяемые в аэрологии.

Рекомендуемая литература:

Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 2

Телеметрические системы измерений

Цель лекции:

Показать общность телеметрических измерений и в то же время особенности таких измерений в аэрологии.

Ключевые слова:

Телеметрические системы измерений, первичные преобразователи, помехи, каналы связи.

Телеметрические системы измерения

Измерения метеорологических параметров в свободной атмосфере имеют свои особенности по сравнению с измерениями у земли. Эти особенности заключаются в том, что их приходится вести в очень широком диапазоне изменения измеряемых величин на разных высотах за сравнительно короткое время пребывания измерительного прибора на каждой высоте при вертикальном зондировании или в точке - при горизонтальном зондировании, например, с помощью аэростатов, уравновешенных шаров-зондов, самолетов.

Чтобы результаты измерений могли характеризовать особенности распределения метеорологических параметров в момент зондирования, необходима хорошая вентиляция датчиков в течение всего периода измерений. С увеличением высоты обеспечивать необходимую вентиляцию все труднее. Первичные преобразователи приборов должны обладать минимальной инерцией, чтобы результаты соответствовали действительным значениям параметров.

При вертикальном зондировании, особенно на больших высотах, датчик температуры

При вертикальном зондировании измерения на разных высотах проводятся в разное время, хотя и в пределах одного часа, однако принято считать, что это одновременные наблюдения. Кроме того, считается что зондирование осуществляется по вертикали над местом выпуска, хотя за время подъема зонд сносится на значительное расстояние.

Наконец, главным отличием измерений на высотах, в первую очередь радиозондирования, по сравнению с наземными является то, что применяются не просто приборы для измерений, а телеизмерительные системы, поскольку результаты требуется передавать на расстояние. Для этого первичные измерения датчиков приходится кодировать, в каких-то относительных величинах, и упаковывать в удобный для передачи вид, передавать по радио, а на земле принимать и регистрировать всю телеметрическую информацию, декодировать ее, и только после этого вести обработку. Это тоже накладывает определенные ограничения, решение которых связано с дополнительными техническими трудностями.

Важное значение для возможности сравнения между собой результатов разных зондирований имеет также единство методики тарирования приборов, подготовки их к выпуску и обработки материалов.

Все перечисленные особенности измерений в свободной атмосфере и позволили выделить их в самостоятельный вид.

Вопросы для самоконтроля:

1. Понятие телеметрических систем измерений.
2. Блок-схема ТСН.
3. Помехи и качество передаваемой информации.

Используемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 3.

Характеристики сигналов и способы их кодирования

Цель лекции:

Дать обзор типов сигналов и существующих способов кодирования.

Ключевые слова:

Амплитудно-модулированный сигнал, частотно-модулированный сигнал, число-импульсная модуляция, фазовая модуляция, числовые коды.

Сигнал - это электрическая величина, содержащая в себе синхронные изменения измеряемого метеорологического параметра. Сигналы, вырабатываемые в системе и подлежащие передаче по радиоканалу, должны обеспечивать однозначность толкования результатов измерений, обладать устойчивостью к возникающим помехам.

Сигналы классифицируют по их параметрическим и временным характеристикам. Различают непрерывные сигналы по параметру и времени, непрерывные по параметру и

При частотно-импульсной модуляции частота следования импульсов изменяется пропорционально изменению метеорологического параметра. Возможны два варианта: длительность импульсов остается постоянной или она изменяется обратно пропорционально изменению периода следования импульсов, но так, что отношение длительности импульса к периоду следования остается постоянным.

Достоинством рассмотренных выше методов модуляции является то, что в промежутке между импульсами возможно накопление энергии, которую потом используют при излучении импульса. Это позволяет уменьшить вес источника питания и всего радиозонда. Что же касается ширины спектра излучаемых (и принимаемых) сигналов, то он остается достаточно широким, и сравним с шириной для непрерывно излучаемых сигналов.

Сигналы, дискретные по параметру и времени. Как видно из названия, такие сигналы изменяются одновременно и по величине (параметру) и по времени. Для их передачи применяют кодо-импульсную модуляцию. Код представляет собой комбинацию импульсов, однозначно соответствующих квантованным значениям полезного сигнала. Для этого существуют всевозможные коды. Широкое распространение получили коды типа Морзе и числовые.

Коды типа Морзе представляют собой комбинации определенного количества импульсных посылок разной длительности, каждая из которых соответствует конкретному значению полезного сигнала.

В числовых кодах кодовая комбинация представляет собой пакет состоящий из n импульсов, каждый из которых соответствует разряду кодируемого n -разрядного числа.

Наиболее простым является бинарный код, в котором используются сигналы с двумя параметрами модуляции. Например, импульс, имеющий единичную длину, соответствует нулю, а импульс, имеющий двойную или какую-то другую, но конкретную длину, - соответствует единице. Любое число может быть представлено комбинацией только двух импульсов разной длины. Предпочитают т.н. равномерные бинарные коды, в которых количество импульсов в пакете (а пакет соответствует одному кодируемому числу) постоянно, что достигается дописыванием нулей слева перед первым значащим числом.

Несколько сложнее двоично-десятичный код, в котором каждый разряд десятичного числа кодируется в бинарном коде. Для кодирования цифр от нуля до десяти требуется четыре двоичных разряда, сочетанием которых и представляется любое десятичное число.

Двоично-десятичный код обладает определенной избыточностью (около 20 %), что уже позволяет организовать определенный контроль передаваемой информации. С целью обеспечения высокой помехоустойчивости каналов применяют специальные помехоустойчивые или корректирующие коды. Избыточность в таких кодах предусматривается достаточно высокой. Каждой разрешенной кодовой комбинации здесь ставят в соответствие ряд запрещенных, в которые может перейти разрешенная. Затем при приеме все запрещенные комбинации приравнивают к разрешенным.

Числовые коды в связи с развитием микроэлектроники получили широкое развитие. Практически во всех современных радиозондах навигационного типа и в ряде классических систем используется числовое кодирование информации перед ее передачей по радиоканалу. Это позволяет повысить надежность получаемых данных. Кроме того, работа в импульсном режиме сама по себе позволяет снизить потребляемую мощность за счет пополнения энергии в промежутках между импульсами, а также за счет сужения полосы пропускания. Спектр частот при данном типе кодирования значительно уже, чем при других способах кодирования.

как набор частот, мы заранее должны задать точность его восстановления по дискретным измерениям, в результате которых гармоники выше $F_{\max} \cdot 0$ будут потеряны, но все гармоники ниже $F_{\max} \cdot 0$ возможно восстановить. Затем с шагом $F_{\max} \cdot 0/2$, мы и осуществляем квантование.

Квантование возможно не только по времени, но и по амплитуде.

Вопросы для самоконтроля:

1. Виды передаваемых сигналов.
2. Амплитудная и частотная модуляция. Сравнительный анализ.
3. Число-импульсная модуляция.
4. Числовые коды.

Рекомендуемая литература:

Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 4.

Комплексное зондирование атмосферы

Цель лекции:

Дать понятие и назначение комплексного зондирования независимо от применяемых технических средств.

Ключевые слова:

Комплексное зондирование, температурно-ветровое зондирование, этапы работы.

Под комплексным зондированием атмосферы подразумевают зондирование, в результате которого получают данные о распределении с высотой основных параметров атмосферы: давления, температуры, влажности, направления и скорости ветра.

Метод комплексного зондирования заключается в том, что в свободный полет выпускается шар, наполненный водородом или гелием. К шару подвешивается прибор, называемый радиозондом, который осуществляет (или обеспечивает) измерение перечисленных параметров кроме ветра. Результаты измерений преобразуются в вид, удобный для передачи по радиоканалу и с помощью радиопередатчика, имеющегося при радиозонде, передаются на землю, где они принимаются и регистрируются наземным устройством для последующей обработки.

Данные о ветре получают на основе измерений координат радиозонда наземной станцией, радиотеодолитом или радиолокационной станцией, по одному из рассмотренных в главе 12 методов. Зондирование, при котором измеряются перечисленные выше параметры, но ветер вычисляется на основе координат радиозонда, определяемых по отношению к какой-либо навигационной системе общего назначения, тоже является комплексным. Однако особенность, обусловленная необходимостью определения самим радиозондом своих координат, заметно повлияла на его структуру, сделала ненужным определение пространственных координат радиозонда с земли, придав

всей системе зондирования специфические черты. Поэтому системы зондирования

осуществляющих непрерывный прием и регистрацию телеметрической информации, поступающей от радиозонда;

4) компьютера (или компьютеров), осуществляющего прием и обработку телеметрической информации, вычисление ветра, формирование результатов по форматам ВМО, первичную архивацию результатов. Компьютер также осуществляет контроль и управление работой радиотеодолита или РЛС.

Модернизация любой части системы, которая не приводит к изменению ее возможностей, не дает новой системы. Совершенствование радиозонда в таком случае дает его новую модель и т.д. В тоже время всякие количественные изменения, накапливаясь, дают новое качество т.е. новую систему. По этой причине иногда бывает трудно установить границу между модернизированной старой и новой системами зондирования.

Важным является знание принципиальных отличий систем, что позволяет оценивать их реальные возможности.

Независимо от системы зондирования и уровня автоматизации весь процесс можно разбить на ряд сходных для разных систем самостоятельных этапов. Эти этапы следующие:

- производство выдержки перед выпуском;
- подготовка наземных технических средств;
- подготовка и наполнение оболочки;
- выпуск радиозонда;
- сопровождение радиозонда и прием телеметрической информации;
- обработка данных;
- получение результатов по форматам ВМО;
- технический и критический контроль результатов;
- архивация данных, получение среднемесячных характеристик состояния атмосферы.

Понятно, что в зависимости от реализованных технических решений и уровня автоматизации время, затрачиваемое на выполнение перечисленных этапов, разное и имеет разный уровень сложности.

Рассмотрим в качестве базовой структуру и технологию обработки данных на примере систем зондирования России (СССР): "РЛС Метеорит" - радиозонд "РКЗ (МАРЗ)" и "АВК - радиозонд МРЗ-ЗА". Далее при рассмотрении других систем зондирования будем останавливаться на их основных отличиях от вышеназванных.

Важной частью работы при температурно-ветровом зондировании является обеспечение высокого качества данных. Поэтому очень важными являются вопросы технического и критического контроля результатов, выполняемого на разных уровнях. Поскольку организация такого контроля слабо связана с конкретным типом системы зондирования, то она рассматривается в главе 19, которая посвящена общим вопросам организации работ на аэрологической станции.

Вопросы для самоконтроля:

1. Измеряемые параметры.
2. Технология (очередность) выполнения.
3. Основные обязательные этапы.

Рекомендуемая литература:

В данной системе зондирования, а, следовательно, и в радиозонде принята числоимпульсная (или частотно-импульсная) система кодирования и передачи информации от радиозонда к наземной РЛС. Это значит, что показанию того или иного датчика ставится в соответствие определенная частота повторения импульсов или определенное число импульсов в единицу времени. В данной системе в соответствие измеряемому параметру ставится именно число импульсов в единицу времени (секунду), а не частотно-импульсные характеристики.

В блок-схеме радиозонда имеется четыре основных узла: измерительный генератор, модулятор, СВЧ-генератор (передатчик) и коммутатор. В радиозонде имеется два датчика: датчик температуры и датчик влажности. В качестве датчика температуры используется термистор, а датчиком влажности является животная пленка, соединенная механически с реостатным преобразователем. На выходе термистора и реостатного преобразователя омическое сопротивление изменяется синхронно изменению температуры и влажности соответственно. Выходы этих датчиков поочередно подключаются с помощью коммутатора в цепь измерительного генератора. В зависимости от величины подключенного сопротивления измерительный генератор вырабатывает импульсы отрицательной полярности определенной частоты следования.

Генератор СВЧ радиозонда, т.е. собственно передатчик, непрерывно вырабатывает несущую частоту около 1780 МГц. Однако его работа управляется измерительным генератором. Отрицательные импульсы, вырабатываемые им, подаются на вход СВЧ - генератора и срывают его генерацию, образуя паузы в излучении. Длина и частота этих пауз в точности согласуется с длиной и количеством отрицательных импульсов, вырабатываемых измерительным генератором, т.е. с величиной измеряемого метеорологического параметра. Таким образом, метеорологическая информация, измеряемая радиозондом, закодирована в виде числа пауз в излучении его передатчика

Частота импульсов, вырабатываемых измерительным генератором, зависит еще от стабильности источника питания и влияния окружающих условий на радиоблок. Для учета такого влияния на вход измерительного генератора время от времени подключается контрольное (опорное) сопротивление. Частота следования импульсов в это время (опорная частота) изменяется под влиянием различных дестабилизирующих факторов. Предполагается, что влияние дестабилизирующих факторов примерно одинаково как при подключении метеорологических датчиков так и опорного сопротивления. Учет этих факторов осуществляется делением частоты метеоэлемента на опорную частоту $F_{оп}$:

$$y_t = \frac{F_t}{F_{оп}}, \quad y_u = \frac{F_u}{F_{оп}} \quad (1)$$

где F_t , F_u - частоты температуры и влажности соответственно, y_t , y_u - величины отношений частот.

Дестабилизирующие факторы здесь как бы входят в качестве множителя (близкого по величине к единице) в числитель и знаменатель одновременно, т.е. и в метеочастоту, и в опорную частоту, и при делении сокращаются.

Переключение датчиков температуры, влажности, а также подключение опорного сопротивления осуществляется специальным коммутатором. В первых моделях радиозонда эту роль выполнял баропереключател, он же измерял и давление (модель РКЗ-1). Затем баропереключател стал выполнять роль только коммутатора (модели РКЗ-1А, РКЗ-2 и др.), а в

На запрос РЛС передатчик радиозонда реагирует увеличением амплитуды излучения (примерно на 10 %) над средним уровнем на время действия запроса, а вслед за этим происходит полное прекращение излучения примерно на 1 мкс.

Расстояние до радиозонда т.е. наклонная дальность, определяется по времени запаздывания ответного сигнала передатчика радиозонда по сравнению с моментом посылки запросного импульса наземной РЛС.

$$D_{\tau} = \frac{C_{\tau}}{2}, \quad (2)$$

Наличие наклонной дальности и угла места, измеряемых наземной РЛС с высокой точностью, позволяет вычислять высоту радиозонда для любого момента времени τ , как при чисто ветровых наблюдениях.

$$H(\tau) = D(\tau) \sin \beta(\tau) \quad (3)$$

В свою очередь наличие данных о высоте радиозонда и температуре для любого момента времени τ позволяет вычислять среднюю температуру слоя T_{τ} , как среднее арифметическое, и для расчета давления воспользоваться формулой геопотенциала, вытекающей из уравнения статики:

$$\Delta H = 67,44 \bar{T}_{\tau} \lg \frac{P_0}{P} \quad (4)$$

где ΔH - толщина некоторого слоя, P_0 - давление на нижней границе слоя, P - давление на верхней границе слоя.

Заметим, что для самого нижнего слоя P_0 всегда известно. Оно определяется по барометру станции.

Возможность пользоваться формулой (4) для расчета P , высокая точность измерения D и β , и позволили отказаться от датчика давления на радиозондах типа РКЗ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Блок-схема.
2. Первичные преобразователи температуры и влажности.
3. Измерительный генератор.
4. Измерение дальности.
5. Получение данных о давлении.
6. Назначение опорной частоты.

Рекомендуемая литература

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль - Фараби, 1998 - 632 с.

отличающийся по техническим характеристикам от РЛС "Метеор". Значительно позже появился модернизированный вариант РЛС "Метеорит-2".

Станции "Метеор" и "Метеорит" предназначены для сопровождения радиозондов типа РКЗ, радиопилотов и уголкового отражателя. При работе с радиозондом станция автоматически определяет и регистрирует время полета, текущие координаты (угол места, азимут и наклонную дальность до радиозонда) и метеоданные в виде частот следования импульсов. При работе с радиопилотом или уголкового отражателем станция регистрирует только время и текущие координаты.

В комплект станции входят:

1. Собственно РЛС, включающая основную аппаратуру, а также:
 - контрольно-измерительная аппаратура;
 - ЗИП станции;
 - техническая документация.
2. агрегат питания с ЗИП.

В состав основной аппаратуры входят следующие системы:

- передающая система;
- антенно-фидерная система;
- приемная система;
- система счета импульсов метеоданных;
- система измерения дальности;
- система передачи и регистрации данных;
- система управления антенной;
- система электропитания;
- комплект контрольно-измерительной аппаратуры.

Принцип работы РЛС, в т.ч. и с активной мишенью, уже рассмотрен ранее. Остановимся на некоторых особенностях данной станции.

У РЛС "Метеорит" имеются два режима работы: "радиозонд" и "уголковый отражатель".

В режиме "радиозонд" РЛС работает в комплексе с радиозондом типа РКЗ от которого в закодированном виде поступает телеметрическая информация.

Излучение передатчика СВЧ радиозонда используется для сопровождения радиозонда по угловым координатам. Для измерения наклонной дальности до радиозонда используются ответные радиосигналы зонда. Для получения этих ответных импульсов станция посылает импульсы запроса (активный метод радиолокации).

При работе в режиме "уголковый отражатель" станция излучает мощные зондирующие импульсы в сторону цели. Часть энергии отражается от уголкового отражателя и возвращается на вход РЛС (пассивный метод радиолокации). Дальность и угловые координаты отражателя определяются именно по этой отраженной энергии.

Уточним функциональное назначение основных систем РЛС.

Передающая система . предназначена для создания мощных кратковременных импульсов электромагнитной энергии СВЧ. К подмодулятору системы подводятся импульсы запуска с частотой 833 или 416 Гц, вырабатываемые в системе измерения дальности. Под действием этих импульсов в подмодуляторе формируются импульсы напряжения, длительностью около 0,8 мкс, которые усиливаются и подаются на модулятор, где преобразуются в импульсы высокого напряжения такой же длительности, но напряжением 27 КВ. Эти импульсы

через фидерную линию в разрядную камеру, а затем - на кристаллический смеситель, который преобразует сигналы СВЧ в сигналы промежуточной частоты 30 МГц.

С выхода смесителя напряжение промежуточной частоты поступает на вход предварительного усилителя промежуточной частоты (ПУПЧ), расположенного в блоке входных устройств, т.е. максимально близко к антенне.

Этим уменьшаются потери полезного ответного сигнала в фидерной системе. Усиленное напряжение с выхода ПУПЧ поступает уже в главный усилитель, где происходит основное усиление и разделение сигнала по следующим самостоятельным каналам усиления:

- каналу дальности, с выхода которого сигналы поступают в систему дальности;
- каналу угловой автоматики для работы с радиопилотом, с выхода которого сигнал подается в систему управления антенной;
- каналу угловой автоматики для работы с радиозондом, с выхода которого сигнал поступает в систему управления антенной. В режиме "Радиозонд" вход канала запирается импульсом длительностью 13,3 - 130 мкс для защиты от попадания части энергии мощного зондирующего импульса и импульсных помех от близлежащих предметов:
- каналы счета, которые формируют считываемые импульсы, поступающие в систему счета;
- каналы автоматической подстройки частоты (АПЧ) обеспечивающей подстройку системы станции при изменении частоты радиозонда.

Система измерения дальности. выполняет следующие задачи:

- синхронизирует работу передатчика;
- обеспечивает наблюдение и выбор цели на экране индикатора;
- измерение дальности и передачу результатов в систему регистрации;
- ручное и автоматическое сопровождение по дальности;
- формирует запирающие импульсы, управляющие работой приемной системы;
- формирует импульсы синхронизации системы счета.

Для визуального наблюдения сигналов от целей служит индикатор дальности амплитудного типа с горизонтальными развертками масштабов 30 и 2 км. В РЛС применена схема с переменным временем задержки, поскольку максимально измеряемая дальность во много раз превышает 30 км. Начало развертки может быть задержано до 135 и 149 км при масштабах 30 и 2 км соответственно, если максимальная дальность сопровождения РЛС 150 км, и увеличивается на 150 км если она равна 300 км.

Измерение дальности возможно как при ручном так и при автоматическом режиме сопровождения.

Система управления антенной. предназначена для управления положением антенны в пространстве.

Предусмотрено три режима работы:

- режим автоматического секторного обзора, предназначенный для поиска цели в определенном секторе;
- режим ручного управления, используемый для поиска цели и для слежения за ней в начале выпуска перед переходом на автоматическое сопровождение, а также при неустойчивом ответном сигнале от цели и др.;
- режим автоматического сопровождения, являющийся основным. При работе в режиме автоматического сопровождения используется метод равносигнальной зоны. Поэтому

В антенной колонке установлены сельсин-датчики угловых координат грубого и точного тчетов азимута и угла места, передающие угловое положение антенны в канал угловой автоматики. Система счета . предназначена для подсчета частоты следования импульсов метеоданных, поступающих от радиозонда, и для синхронизации работы системы передачи и регистрации данных.

Система счета может работать в двух режимах: абсолютного счета и переменного или относительного счета времени. При абсолютном счете время, в течение которого подсчитывается количество импульсов, в точности равно 1 с. В режиме относительного счета время подсчета импульсов может изменяться оператором в пределах 1,04 - 1,13 с. Относительный режим счета предназначен для облегчения вычислений при ручной обработке радиозонда. Изменяя время счета, опорную частоту можно держать постоянной. В этом случае вычисление отношения частоты по (14.1), происходит путем деления метеочастоты на одну и ту же величину. В более поздних вариантах "Метеорита" режим относительного счета был упразднен т.к. при его регулировке допускалось много ошибок.

Устойчивость работы системы счета контролируется по индикатору счета импульсов. Результаты счета показывают специальные приборы, расположенные в блоке регистратора. В системе счета вырабатывается, кроме того, частота 25 Гц, используемая в системе передачи и регистрации данных для синхронизации счетчика времени. Здесь же вырабатывается и контрольная частота 1000 Гц, служащая для проверки работы системы счета.

Система передачи и регистрации данных . предназначена для передачи текущих угловых координат и наклонной дальности в автоматическое регистрирующее устройство и последующей регистрации времени, координат, метеоданных на специальной бумажной ленте.

Передача положения антенны по азимуту и углу места осуществляется следящими системами. Сельсин-датчики грубого и точного отчета угла места и азимута расположены в антенной колонке. Дальность тоже передается с помощью сельсинной системы. Но сельсин-датчики дальности расположены в блоке управления дальности. Сельсин-приемники угла места азимута и дальности расположены в блоке регистрации данных. Регистрация координат происходит следующим образом. Через каждые 30 с специальный датчик времени приводит в действие печатающий механизм и происходит фиксация на бумажной ленте (ленте регистрации) данных времени и координат. Наборные механизмы метеоданных управляются счетчиком импульсов. Результат набора соответствует количеству поступающих метеоимпульсов. Цикл регистрации метеоданных составляет 5 с. Управление регистрацией осуществляется от блока эталонных импульсов.

Система электропитания станции . предназначена для обеспечения всех ее систем необходимыми для нормальной работы напряжениями.

На вход станции подается напряжение 220 В, 400 Гц. Для преобразования 220 В, 50 Гц, в 220 В, 400 Гц служит специальное преобразующее устройство. Если же станция питается от собственного дизельного агрегата, то там сразу вырабатывается напряжение 220 В и 400 Гц.

Использование частоты 400 Гц вместо 50 Гц является обычным в практике конструирования РЛС. Это позволяет существенно уменьшить вес трансформаторов, дросселей, а в итоге - всей РЛС.

Все блоки станции за исключением передатчика питаются от выпрямителей, стабилизированных электронными стабилизаторами напряжений. Передатчик ввиду специфики его работы имеет собственный блок питания. Его особенностью является наличие линии

РЛС "Метеорит-2" имеет ряд отличий. Дальность действия увеличена до 300 км, что потребовало повышения чувствительности приемника примерно на порядок. Это было достигнуто включением на входе приемной системы электронного параметрического усилителя с малым уровнем собственных шумов, сужением полосы пропускания усилителя промежуточной частоты и увеличением диаметра зеркала антенны. Сужение полосы пропускания потребовало увеличения длительности метеопаз радиозонда и уменьшения частоты их следования примерно в два раза. Радиозонд с такими параметрами, РКЗ-5, был разработан специально для работы с РЛС "Метеорит-2".

Станция "Метеорит-2" имеет также маломощный передатчик для измерения малых дальностей в первые минуты после выпуска.

Для облегчения наведения антенны на уголкового отражатель или радиозонд "Метеорит-2" имеет дистанционный пульт управления антенной.

Имеется ряд других менее существенных отличий у "Метеорит-2".

Точность измерения пространственных координат у всех моделей примерно одинакова.

Приведенные технические характеристики являются высокими для РЛС такого типа.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назначение каждой из систем РЛС.
2. Циклы измерения координат и метеочастот.
3. Принцип разделения ответных сигналов для РЛС от метеопаз.
4. Особенности счета метеопаз при помехах.

Рекомендуемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 9,10

Система зондирования «АВК – радиозонд МРЗ-3А»

Цели лекции:

Изложить работу современной, эксплуатируемой в Казахстане системы зондирования.

Ключевые слова:

АВК, МРЗ -3А, автогенератор СВЧ, стабилизатор напряжения, электронный коммутатор, измерительный преобразователь.

К середине восьмидесятых годов наземная РЛС "Метеорит" морально устарела. Ей на смену была разработана новая станция АВК-1 (АВК - аэрологический вычислительный комплекс), имеющий существенные отличия от РЛС "Метеорит" и "Метеорит-2". Радиозонд МРЗ-3А, предназначенный для работы с АВК, тоже существенно отличается от радиозондов РКЗ и МАРЗ.

Радиозонд МРЗ-3А

его действия во многом аналогичен радиозондам типа РКЗ и МАРЗ, но имеются и существенные отличия.

Радиозонд содержит следующие узлы:

- датчик температуры (ДТ);
- датчик влажности (ДВ);
- электронный коммутатор (ЭК);
- измерительный преобразователь (ИП);
- формирователь импульсов (ФИ);
- сверхгенеративный приемопередатчик (СПП);
- антенну (А);
- стабилизаторы напряжения и тока (СНТ);
- батарею питания типа 28 МХМ-0,1, или другого типа, с такими же характеристиками.

Датчики температуры и влажности осуществляют первичное преобразование этих параметров атмосферы в электрическое сопротивление соответствующей величины. В качестве датчика температуры используется резистор ММТ-6, а датчика влажности - оксид алюминия, а также традиционная животная пленка с преобразованием механических характеристик в электрическое сопротивление.

Электронный коммутатор обеспечивает поочередное подключение к измерительному преобразователю датчиков температуры и влажности. Эти датчики подключаются последовательно с опорным резистором.

Измерительный преобразователь осуществляет преобразование электрического сопротивления датчиков в период следования импульсов температуры (Т) или влажности (U).

Сигналы с ИП подаются на формирователь импульсов, где они удлиняются, что необходимо для повышения помехоустойчивости канала системы радиозондирования "МРЗ-ЗА-АВК-1". Кроме того, формирователь вырабатывает существенно разной длительности импульсы температуры и влажности. Команду на переход от формирования импульса одной длительности к другой подает электронный коммутатор в момент переключения датчиков. Таким образом, в зависимости от того, какой датчик подключен, импульсы на выходе ФИ имеют ту или иную длительность, причем разность в их длительности для конкретного радиозонда составляет не менее 180 мкс. Благодаря этому АВК-1 уверено отделяет сигналы датчика температуры от сигналов датчика влажности. В этом заключается второе существенное отличие радиозондов типа МРЗ. Сигналы радиозондов типа МАРЗ и РКЗ при зондировании в приземном слое в летнее время (а также при сбоях и замираниях) часто имели одни и те же частоты как по температуре, так и по влажности, что затрудняло их разделение. По этой причине обработка телеметрической информации на ЭВМ, несмотря на программные ухищрения, часто оказывалось невозможной или содержала грубые ошибки в результатах.

Сверхгенеративный приемопередатчик состоит из автогенератора СВЧ, совмещающего функции генератора, высокочувствительного приемника запросных импульсов от АВК-1 и активного ответчика по каналу дальности, генератора суперирующих импульсов (ГСИ), который вырабатывает суперирующую частоту 800 кГц, обеспечивающую работу СВЧ-АГ в режиме сверхгенерации. Этот режим обеспечивает передатчику способность отвечать на запросы наземной РЛС, обеспечивая измерения дальности.

В отличие от других типов радиозондов в МРЗ суперирующая частота является, кроме того, и носителем телеметрической информации (Рис.14.11 и 14.12). В зависимости от того,

В приемной системе АВК сигнал радиозонда, будучи усиленным до необходимой величины, делится затем на три более простых: сигнал для канала дальности ("КД"), сигнал для канала угловой автоматики ("КУА"), метеосигнал ("Фметео"). Сигнал "КД" обеспечивает измерение дальности до радиозонда и автоматическое сопровождение, будучи обработанным в канале дальности. Сигнал "КУА" обеспечивает работу систем автоматического сопровождения радиозонда по азимуту и углу места методом равносигнальной зоны. Сигнал "Фметео", представляющий последовательность прямоугольных импульсов, получается после детектирования суперлирующей частоты. В случае, если его уровень недостаточен для устойчивого преобразования, на весь период замириания вырабатывается специальный импульс "Перепад", прекращающий измерение периода следования импульсов метеочастоты.

Все три сигнала совместно обеспечивают сопровождение радиозонда по дальности, углам места и азимуту, а также измерение и регистрацию его телеметрической информации.

Функциональные узлы радиоблока МРЗ смонтированы на печатной плате, установленной внутри замкнутого цилиндрического стакана (для сравнения радиозонды типа МАРЗ имеют форму куба), который совместно с излучающим вибратором и емкостной шайбой образуют антенну радиозонда. Модуль СВЧ крепится ко дну стакана внутри него, а снаружи расположен соединенная с ним антенна, представляющая собою четвертьволновой несимметричный вибратор, электрическим противовесом которого является стакан. Последний является также экраном, защищающим радиоблок от поля СВЧ, излучаемого антенной.

В крышке стакана имеются пазы, через которые проходят разъемы для подключения датчиков температуры, влажности и батарей питания.

Стабильная работа радиоблока обеспечивается стабилизацией напряжения и тока для наиболее ответственных его узлов.

Основные технические и метрологические данные. Приведем наиболее важные характеристики радиозонда МРЗ. Радиозонды МРЗ-ЗА выпускаются в двух модификациях: с частотой следования суперлирующих импульсов 800 и 600 кГц. Соответственно они имеют дополнительные обозначения ЗА8 и ЗА6. Девиация частоты следования суперлирующих импульсов находится в пределах 117_{-0}^{+17} кГц при отклонении от номинальных значений (800 и 600 кГц) не более чем -5_{-0}^{+25} кГц. Для радиозондов первого типа время подключения того или иного датчика ("время канальных интервалов") равно $5,1_{-0}^{+5,4}$ с., а для второго $6,7_{-0}^{+7,8}$ с. Очередность следования каналов: опорный, температурный, влажностный, температурный, опорный.

Диапазон изменения периода следования импульсов измерительного преобразователя следующий:

- в температурном канале при изменении сопротивления датчика температуры от 3 до 1000 ком - 1562_{-0}^{+5882} мкс;

- во влажностном канале при изменении $1,5 \leq R \leq 15$ ком - 1526_{-0}^{+2564} мкс.

В тоже время диапазон изменения длительности импульсов на выходе формирователя следующий:

- в опорном канале 200_{-0}^{+350} мкс,

- в температурном и влажностном 435_{-0}^{+765} мкс.

При этом, как уже отмечалось, разность значений длительности импульсов в каналах температуры и влажности не менее 180 мкс.

Ввиду того что данные зондирования обрабатываются только автоматически этикетка

Рекомендуемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 11.

Назначение и блок-схема АВК – 1

Цель лекции:

Изложить работу РЛС+ЭВМ, и его работу в режимах подготовки радиозонда, зондирования.

Ключевые слова:

Блок-схема АВК, режимы работы, средства контроля.

Радиолокационная станция предназначена обеспечивать в системах радио- и температурно-ветрового зондирования:

- предполетную поверку и подготовку радиозонда;
- автоматическое сопровождение радиозонда в полете с автоматической регистрацией его угловых координат и дальности;
- прием телеметрической информации от радиозонда и ее регистрацию как на бумажную ленту с помощью алфавитно-цифрового печатающего устройства (АЦПУ), так и занесение в память специализированной ЭВМ;
- индикацию координатной и телеметрической информации на телеэкране, для информирования оператора и принятия им решений при необходимости.
- полную автоматическую обработку радиозонда с выдачей результатов в форматах ВМО;

При разработке АВК использованы в основном те же идеи, что и при разработке РЛС "Метеорит", а именно:

- канал для передачи телеметрической информации от радиозонда и канал измерения координат совмещены, т.е. это осуществляется на одной и той же радиочастоте, но поочередно;
- для измерения дальности используется только принцип активной радио локации, поэтому работать с пассивными мишенями т.е. различными уголковыми отражателями АВК не может.

Использование только одного активного принципа радиолокации позволило в несколько раз уменьшить мощность сигнала запроса, излучаемого РЛС. Благодаря этому сконструирован относительно простой передатчик и уменьшено радиооблучение оператора.

РЛС состоит из следующих систем:

- передающей и приемной системы (потенциалотрона);
- антенно-фидерной;
- приемной;
- отображения информации;
- измерения дальности;
- автоматической обработки информации и управления РЛС;
- управления антенной;
- электропитания;
- автоматического контроля.

Приемная система предназначена для преобразования принятых антенной сигналов и последующего их усиления до величины, необходимой для нормальной работы систем измерения дальности, управления антенной, отображения информации, автоматической обработки информации и управления РЛС.

Система отображения информации предназначена для подготовки и подачи информации на видеоустройство для контроля операторами, а также (это главное) для регистрации на АЦПУ.

Система измерения дальности предназначена для выполнения нескольких задач:

- управления передатчиком РЛС;
- запускать передатчик РЛС для обеспечения измерения дальности;
- обеспечения ручного и автоматического сопровождения радиозонда по дальности.

Система автоматической обработки информации и управления радиолокатором предназначена для обработки всей координатно-телеметрической информации, поступающей от радиозонда с выдачей телеграммы согласно коду КН-04 и таблиц с данными зондирования типа ТАЭ-3.

Система обеспечивает также автоматическое управление работой РЛС и диагностику состояния станции.

Для выполнения перечисленных выше работ в составе АВК имеется специализированная ЭВМ "Аргон-15".

Система управления антенной предназначена для управления положением антенны в пространстве. Изменение этого положения может осуществляться оператором с помощью соответствующих команд или в автоматическом режиме в соответствии с сигналами, поступающими из каналов угловой автоматики.

Система электропитания обеспечивает выработку необходимых напряжений, обеспечивая нормальную работу всех других систем РЛС.

Система автоматического контроля обеспечивает контроль за состоянием РЛС, облегчая работу оператора по сопровождению радиозонда в полете, а также при его проверке.

Блок-схему РЛС можно условно разделить на три части:

- блок-схема собственно РЛС;
- мини-ЭВМ;
- устройства отображения информации.

Общие технические характеристики станции следующие:

- рабочий диапазон частот, МГц 1770 + 0 1795;
- дальность действия: минимальная, м 100;
- максимальная, км 250 - 300;
- минимальный рабочий угол () 3;
- максимальная высота зондирования, км 40;
- потребляемая мощность от сети, квт 6;
- частота настройки усилителя сигнала ГОН, гц 375;
- импульсная мощность мощного передатчика, квт 25;
- длительность зондирующего импульса, мкс 1,1;
- частота повторения импульсов 457;
- чувствительность приемной антенны, дБ -130;
- время инерционного сопровождения при пропадании сигнала радиозонда, с 4-5;

сопровождения угловых отражателей, он может работать только в режиме активной радиолокации по стандартному довольно мощному ответному сигналу передатчика радиозонда. Имеются и некоторые другие существенные отличия, которые нетрудно заметить при сравнении.

При разработке АВК использована новейшая элементная база (микросхемы, полупроводниковые элементы и пр.).

Сравнительный анализ работы РЛС "Метеорит" и АВК показывает, что последний лучше обеспечивает захват радиозонда у земли (а это труднейший и ответственный момент в процессе зондирования). Уменьшена мощность излучения СВЧ передатчиком РЛС, что улучшило условия работы и уменьшило облучение операторов. За счет введения инерционной памяти (до 5 с) повышена помехозащищенность станции, возросла надежность автосопровождения радиозонда и приема телеметрической информации при замираниях сигнала.

Улучшены условия предполетной подготовки радиозондов и контроля качества информации во время зондирования за счет того, что информация выдается на дисплей для оператора. Кроме того, обеспечена большая устойчивость характеристик станции во времени, что важно при автоматической обработке радиозондов, где эти характеристики используются. Последнее достигнуто за счет организации автоматического функционального контроля работоспособности систем станции с помощью специальных тестов и контрольных сигналов. Считается также, что это повышает надежность работы станции.

Вопросы для самоконтроля:

1. Блок-схема и принцип работы.
2. Специализированная ЭВМ. Назначение.
3. Особенности сопровождения радиозонда.
4. Математическое обеспечение.

Рекомендуемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 12,13.

Навигационные системы зондирования

Цели лекции:

Изложить принцип работы современных навигационных систем на примере «Омега».

Ключевые слова:

Навигационная сеть, линия положения, координатно-гиперболическая сетка, сверхнизкие частоты, диапазон СВЧ.

На земном шаре существует несколько навигационных систем (или сетей) общего назначения, в которых для определения местоположения объекта (корабля, самолета и др.) используется электромагнитное излучение различных диапазонов радиочастот. Анализ работы этих систем показал, что они могут быть использованы также и для определения местоположения, пути перемещения метеорологических устройств разного назначения, называемых обычно платформами сбора данных.

Системы навигации того или другого из перечисленных типов обеспечивают возможность слежения за передвижением платформ с метеорологическими приборами, таких как радиозонды, уравновешенные шары-зонды, дрейфующие буи, а также самолеты.

В приложении к температурно-ветровому зондированию преимущество использования навигационных сетей заключается в том, что траектория перемещения радара или радиопилота, а, следовательно, и ветер, определяются без использования сложных наземных радиолокационных устройств, что особенно важно, когда зондирование ведется с корабля. Это удешевляет систему зондирования и повышает надежность ее работы.

Сокращение затрат на приобретение и эксплуатацию сложного наземного оборудования, к сожалению, компенсируется удорожанием самого радиозонда, из-за того, что кроме обычных функций по измерению он еще определяет свое местоположение относительно пунктов одной из навигационных сетей, что усложняет его устройство. В последние годы, однако, в связи с совершенствованием и удешевлением планарных технологий стоимость зондов навигационного типа имеет тенденцию к снижению.

Все три перечисленных выше типа навигационных сетей используются при производстве наблюдений в свободной атмосфере, хотя и в разной степени. Рассмотрим сначала принципы работы навигационных сетей вообще, а затем - особенности каждой из них.

Принципы работы навигационной сети

В навигационных системах разных типов обычные и привычные угловые координаты очень эффективно заменены несколькими измерениями расстояний. Как и при радиолокационном определении дальности, эффективно используется факт постоянства скорости распространения радиоволн. Если имеется, например, два источника, которые излучают электромагнитную энергию строго одновременно, то разность времени прибытия сигналов к кораблю, радиозонду и др., координаты которого требуется найти, однозначно определяет местонахождение объекта относительно этих источников.

Пусть имеется головной или ведущий передатчик-станция M и ведомый-станция S . Расстояние между ними 1200 км, что соответствует времени распространения радионизлучения 4000 мкс. Предположим, что станции M и S излучают импульсы одновременно. Тогда независимо от того, в какой точке гиперболы мы находимся, сигнал от точки M придет на 3000 мкс позже, чем от станции S . Такая гипербола называется еще линией положения или линией позиции.

Линии равной разности времени прибытия сигнала в общем случае являются гиперболами и только линия, которая находится на равном расстоянии от обоих источников - прямая. Семейство гипербол проведено здесь через 1000 мкс.

Излучение трех передатчиков, один из которых ведущий (станция A) уже позволяет сформировать две временных разности: станции A - B и станции A - C и, соответственно, две взаимнопересекающиеся системы линий положения на горизонтальной плоскости, чего оказывается достаточно для определения координат любой точки на плоскости аналогично декартовой системе координат, где положение точки определяется значениями x и y . Положение точки определяется двумя разностями времени прихода сигнала от точек A и B и A и C .

С удалением от треугольника ABC , образуемого станциями, линии положения все более расходятся и спрямляются, что должно приводить к снижению точности определения координат.

земного шара, исключая полярные районы. Очень высокая точность работы передатчиков обеспечивается атомными часами, обеспечивающими точность измерения времени не хуже 0,05 мкс.

Основной навигационный сигнал излучается на частоте 10,2 КГц, кроме того, излучение ведется на частотах 11,05, 11,32 и 13,6 КГц. Наименьшее ослабление испытывает сигнал на частоте 13,6 КГц, длина волны у него наименьшая, что должно приводить к более точному определению координат. Поэтому частота 13,6 КГц и была выбрана вначале для использования в системах ветрового зондирования. В то же время частота 13,6 КГц более подвержена влиянию помех и интерференции, чем другие частоты, особенно 10,2 КГц, и для некоторых районов Земного Шара, где расстояние между навигационными станциями относительно невелико, эта частота более предпочтительна.

Каждая станция сети "Омега" излучает периодически одну и ту же характеристику (частоту) продолжительностью от 0,9 до 1,2 с. По сравнению со временем, необходимым для преодоления радиоизлучением расстояния между станциями для расчетов такое излучение можно считать непрерывным. Для определения пары станций используется фазовый метод.

Пусть объект, определяющий собственное местоположение, находится в точке О, соответствующей пересечению гипербол, образованных станциями А и В и А и С, для которых сдвиги фаз $\Delta\varphi_{AB}$, $\Delta\varphi_{AC}$ равны:

$$\Delta\varphi_{AB} = (\tau_{OA} - \tau_{OB}) \cdot \frac{2\pi}{\lambda_{AB}}$$

$$\Delta\varphi_{AC} = (\tau_{OA} - \tau_{OC}) \cdot \frac{2\pi}{\lambda_{AC}}$$

где $\tau_{OA}, \tau_{OB}, \tau_{OC}$ - расстояния от объекта до станций А, В и С, соответственно $\lambda_{AB}, \lambda_{AC}$ - длина волны, на которой работают станции А и В и А и С.

Перемещение объекта на расстояние $\Delta\tau$ в точку 0^1 вызовет изменение в фазовых соотношениях по сравнению с точкой 0:

$$\Delta\varphi_{AB}^1 = \Delta\varphi_{AB} \pm \delta(\Delta\varphi_{AB}),$$

$$\Delta\varphi_{AC}^1 = \Delta\varphi_{AC} \pm \delta(\Delta\varphi_{AC})$$

Изменения сдвигов фаз на $\delta(\Delta\varphi_{AB})$ и $\delta(\Delta\varphi_{AC})$ соответствуют переходу объекта на новые гиперболы, а пересечение новых гипербол определяет новое положение объекта. Соотношение $\delta(\Delta\varphi_{AB})$ и $\delta(\Delta\varphi_{AC})$ зависит от направления движения объекта относительно передатчиков.

Идея определения местоположения вышеописанным способом впервые появилась в СССР еще до второй мировой войны и была известна как метод радиолога.

Цели лекции:

Изложить работу метеорологической навигационной системы ARGOS и широкого назначения космической системы GPS.

Ключевые слова:

ARGOS, GPS, метеорологическая платформа.

Эта навигационная система размещена на спутнике TIROS -N и использует несколько частот диапазона СВЧ. Аббревиатура точного перевода не имеет, но обозначает систему определения координат платформы сбора данных.

Система предназначена для определения местоположения плавучих буев, преимущественно пока в акватории Атлантики и прилегающих морей, снятия с них гидрометеорологической информации, а также информации с сухопутных автоматических станций. Система осуществляет также определение координат уравновешенных шаров-зондов, регулярно запускаемых для исследования воздушных потоков в атмосфере.

Все объекты, собирающие метеорологическую информацию независимо от ее вида и передающие ее затем через спутник, принято называть платформами сбора данных (ДСП - data collection platform).

Частота излучения каждого объекта с учетом доплеровского смещения под влиянием разных факторов измеряется с высокой точностью и вместе с другой снимаемой информацией накапливается в памяти до прихода с наземного центра сбора данных команды на ее сброс. Тогда информация о положении соответствующей платформы относительно спутника передается в центр, где и происходит окончательная ее обработка. В навигационной технологии такой способ определения координат известен как инвертированный доплеровский метод, поскольку доплеровский сдвиг измеряется спутниковой навигационной системой, а не судном, или платформой.

Известно, что скорость перемещения объекта равна:

$$v = \frac{\Delta f}{f} \cdot C$$

где f - несущая частота или частота излучения, Δf – доплеровское смещение частоты, C - скорость распространения радиоволн. Величина $f \gg \Delta f$

Поскольку $C=300000000$ м/с, а несущая частота составляет 300 - 400 МГц, то относительной скорости 1 м/с соответствует смещение частоты около 1 Гц, т.е. 1 м/с = 1 Гц. Характерная высота орбиты спутника равна 1100 км, а орбитальная скорость 7,3 км/с, период обращения = 100 мин. Таким образом, суммарный доплеровский сдвиг, наблюдаемый спутником с момента, когда платформа становится видимой до тех пор, пока она исчезнет из виду соответствует $2 \times 7,3$ КГц = 14,6 КГц (Δf изменяется от 7,3 КГц до 0 при подходе спутника к ближней точке и от 0 до 7,3 КГц при удалении). В связи с этим возникают следующие проблемы:

- диапазон изменения частоты очень велик по сравнению с требуемой точностью измерений 1 Гц т.е. 1 м/с (определяемая скорость платформы очень мала по сравнению со скоростью спутника);

- следует принимать во внимание и взаимное направление перемещения платформы и спутника;

15.11. Точка смены знака кривизны на графике соответствует моменту, когда платформа находится непосредственно под спутником в точке С и доплеровское смещение, обусловленное движением спутника, здесь равно нулю. Если предположить, что платформа неподвижна, то отдельные измерения доплеровского смещения в точках А, С и D дадут соответственно три гиперболы, на пересечении которых находится платформа Р.

Этот подход применим, когда скорость дрейфа буев невелика и можно прогнозировать его смещение за период проведения измерений. Если скорость течения хорошо известна, то ее можно использовать для коррекции местоположения буя. В общем случае невязка в определении его местоположения в 1 км приводит к ошибке в скорости течения 1 м/с. В то же время невязки определения местонахождения буя по описанному выше методу пересечения линий равного сдвига доплеровской частоты может составлять 10 км. Значительно лучшего результата, всего 500 м невязки, можно достичь, используя данные измерений за два или даже три прохода спутника. В этом случае, однако, объем полезной информации заметно уменьшается, поскольку спутнику требуется в несколько раз больше времени на измерения, чем по результатам одного прохода.

Скорость перемещения уравновешенных шаров -зондов нельзя прогнозировать при вычислении их координат. Рассмотрим, поэтому как можно еще использовать данные измерения доплеровской скорости во времени, представленные на рис. 15.11. Если платформа смещается под углом к траектории подспутниковой точки, то доплеровское смещение для точек А и D будут другими (чем когда платформа неподвижна) и будут наблюдаться другие величины смещения для всех пар точек, симметричных относительно точки С и точки прогиба на рис. 15.11 соответственно. Опять же, если направления движения и спутника и платформы совпадают или параллельны, то доплеровские смещения частот будут сдвинуты в переднюю или тыловую часть кривой. Эта деформация служит мерой скорости движения уравновешенного шара-зонда или другого быстро движущегося объекта.

Для каждого контакта спутника и шара-зонда при известной высоте последнего мы должны получить две координаты местоположения и две составляющие скорости, плюс неизвестная величина девиации частоты излучения передатчика по сравнению с номинальной. Математическая сложность решения системы образующихся нелинейных уравнений предполагает, что все неизвестные могут быть все же получены, если за один проход спутника будет сниматься не менее 10 - 20 измерений доплеровского смещения частоты. При решении системы уравнений принимаются следующие допущения:

- частота передатчика платформы остается постоянной в течение времени прохождения спутника, но она может изменяться от прохода к проходу;
- составляющие скорости платформы остаются неизменными в течение всего времени контакта спутника с передатчиком платформы.

Расчеты позволяют находить координаты платформы с погрешностью 3-5 км, а скорости $7 \pm 0,5$ м/с. Кроме того, имеется возможность контролировать стабильность частоты передатчика платформы от прохождения к прохождению спутника, еще повышая за счет этого точность расчетов координат.

В целом навигационная система TIROS - N/ ARGOS собирает точные, относительно доступные экономические дешевые данные измерений местоположения и скорости перемещения платформы плюс метеорологическую информацию с огромных труднодоступных территорий и передает их в центры сбора США, Канады и Европы.

Такая система зондирования относится к типу навигационных и разработана в самое последнее

участков суши и тектонических подъемов морского дна как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, которые, как известно, исчисляются сантиметрами и менее в год. Правда, приходится вести многочисленные измерения, чтобы набрать необходимую статистику. Однако, на спутниках GPS имеется система SA/AS, которая ограничивает несакционированное их использование для получения высокоточных координат. Это достигается наложением на частоту 1,575 ГГц случайных шумов 1,023 МГц, что дает спектр до 2 МГц. В то же время имеется коммерческий режим работы GPS, которым может воспользоваться любой потребитель и получить достаточно точные координаты.

Коммерческие GPS-приемники содержат простую вычислительную схему, которая коррелируется или синхронизируется с кодом спутников. Сложность и стоимость даже простейшего коррелирующего приемника является определенным препятствием, когда обсуждается возможность его установки на радиозонд. Тем не менее, это препятствие к настоящему времени удалось преодолеть.

Лекция 16.

Метеорологические радары доплеровского типа

Цель лекции:

Дать цельное представление об эффекте Доплера и его использовании в метеорологических радарах.

Ключевые слова:

Эффект Доплера, когерентные РЛС.

Принцип работы

В радиолокаторах доплеровского типа (ДРЛС или Д - радар) используется эффект Доплера, заключающийся в том, что частота движущегося по отношению к приемнику источника излучения не остается постоянной. Если источник приближается, то его частота увеличивается, а если удаляется, то - уменьшается. При этом имеет значение только радиальное перемещение или радиальная составляющая перемещения. Тангенциальная составляющая, т.е. движение по нормали к линии, соединяющей приемник и излучатель, к изменению частоты не приводит. Эффект Доплера имеет место и в случае, когда источник излучения неподвижен, а приемник перемещается, что для нас особенно важно. В метеорологии движущимся объектом, взаимодействующим с электромагнитным излучением (своеобразным приемником-переизлучателем), являются частицы облаков, осадков и др. Каждая из этих частиц, будучи элементом облака (или осадков) и перемещаясь вместе с ним, имеет еще и свою собственную скорость по отношению к другим частицам этого же облака. Следовательно, на величину изменения частоты электромагнитного излучения будут влиять одновременно два фактора: скорость перемещения облака и скорость движения частиц в облаке относительно друг друга.

Рассмотрим некоторые количественные соотношения между скоростью перемещения облака и частиц в нем с одной стороны и излучателем с другой. Для простоты предположим, что излучение взаимодействует всего с двумя частицами, имеющими скорости V_1 и V_2

Из этого выражения уже видно, что два гармонических колебания, складываясь, приводят к двум эффектам: 1) общему смещению частоты на величину, пропорциональную средней скорости частиц $\omega(V_1+V_2)/C$ и 2) некоторому биению частоты, пропорциональному разности скоростей частиц $\omega(V_1-V_2)/C$. Поскольку облако, заполняющее луч ДРЛС, состоит не из двух, а великого множества частиц, имеющих самые разные скорости, то относительно среднего смещения частоты (обусловленного средней скоростью объема) наблюдается целый спектр частот, определяемый соответствующим спектром скоростей частиц.

Для метеоролога представляет интерес как общая скорость смещения облака, так и распределение скоростей частиц в нем. В то же время ясно, что технически реализовать возможность измерения только одного параметра легче, чем двух. Соответственно, все ДРЛС делятся на когерентные и некогерентные. Слово "когерентный" происходит от английского *cohere* - быть вместе, быть или оставаться в связке. В данном случае увязываются между собой по фазе излученный и отраженный сигналы. В когерентных ДРЛС применяется или управление фазой излучаемого сигнала или ее запоминание (в зависимости от типа генератора) до того момента, когда вернется отражаемый сигнал. Фаза прошедшего сигнала ω сравнивается с излучаемой ω и по разности $\Delta\omega$ определяют среднюю скорость смещения объекта.

В некогерентных ДРЛС запоминание фазы излучения не происходит и вычисление скорости объекта невозможно. В то же время имеется возможность измерять спектр частот относительно среднего смещения, а по ним - спектр скоростей частиц в облаке, что также очень ценно.

Велико ли изменение частоты электромагнитного излучения при наблюдениях за метеорологическими объектами? Вопрос важен потому, что чем меньше такое изменение, тем труднее его измерить, а, следовательно, достаточно точно вычислить скорость перемещения объекта, а тем более - спектр скоростей частиц. Угловая частота, т.е. изменение фазы ω во времени равна:

$$\omega = 2\pi\Delta f = \frac{d\varphi}{dt} = 4\pi \frac{V}{\lambda}$$

где Δf - величина изменения частоты излучения (Гц/с). Она равна:

$$\Delta f = \frac{2V}{\lambda}$$

или при измерении λ - в см, V - в м/с

$$\Delta f = \frac{206V}{\lambda}$$

Приняв, что скорость перемещения облака $V = 50$ м/с, а длина волны $\lambda = 10$ см, найдем: $\Delta f = 1030$ Гц. При длине волны 3 см смещение частоты будет в 3,3 раза больше. Следовательно, при прочих равных условиях, чем короче длина волны, тем больше доплеровское смещение частоты и точнее можно выполнить измерение скоростей метеорологических объектов. Заметим сразу, что условия наблюдений вынуждают использовать не только длину волны 10 см, но и 30

(известно в статистике и теории информации как частота или соотношение Найквиста, устанавливающее связь между периодом колебаний и необходимой дискретностью измерений, чтобы эти колебания были зафиксированы наблюдениями или измерениями).

Если, например, $F = 1000$, то для ДРЛС, работающей на длине волны 3 см, по (5.6) получим $f < 500$ гц, что по (5.5) соответствует максимальной скорости движения $V < 7,5$ м/с.

Поскольку скорости движения метеорологических объектов могут быть значительно больше, то диапазон измеряемого смещения всячески стремятся увеличить, в первую очередь за счет увеличения частоты следования зондирующих импульсов. Но это ведет в свою очередь к уменьшению дальности наблюдения ДРЛС, поскольку временное расстояние между двумя последовательными зондирующими импульсами t в точности должно равняться

$$t = \frac{2 D_{\max}}{C}$$

Так, при частоте следования $F_n = 1000$ Гц максимальная дальность действия станции составит только 150 км, а при увеличении ее в два раза (что позволило бы измерить скорости движения в пределах $V < 15$ м/с), уменьшило бы D_{\max} до 75 км и т.д.

Обеспечение для когерентно-импульсной ДРЛС возможности измерения скоростей в достаточно широком диапазоне, не уменьшая радиуса ее действия, является сложной технической проблемой, которая, тем не менее имеет решения. Некоторые из них мы и рассмотрим.

Вопросы для самоконтроля:

1. Суть эффекта Доплера.
2. Проявление эффекта Доплера при работе ДРЛС с метеорологическими объектами.

Рекомендуемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

Лекция 17.

Измерение полей ветра и вертикальных профилей ветра доплеровскими радарам

Цель лекции:

Изложить существующие принципы измерения и технические решения.

Ключевые слова:

Горизонтальные потоки, профилемеры ветра.

Наблюдения зон облаков и осадков с помощью обычных недоплеровских РЛС и вычисление траекторий их перемещения уже позволяет обнаруживать крупные воздушные потоки и определять скорости ветра на уровне облаков. Однако, полную и всестороннюю картину распределения ветра с высотой в облаках и в безоблачной атмосфере может дать только

При наблюдениях по этому методу антенна ДРЛС ставится под довольно большим углом к горизонту 45 - 60°. Затем при неизменном угле места β антенну вращают по азимуту α . Измерения ведутся при разных значениях дальности, чем обеспечивается измерение на разных высотах. Можно видеть, что чем больше высота, тем больше оказывается радиус зоны измерений, для которой должно оправдываться предположение об однородности поля ветра. Хотя с другой стороны известно, что чем больше высота над поверхностью земли, тем однороднее поле ветра.

Измерения ведутся в пределах разрешаемых объемов, размеры которых определяются шириной диаграммы излучения, длительностью импульса и дальностью. Чем меньше разрешаемый объем, тем меньше диапазон осреднения. Зависимость от дальности приводит к тому, что с высотой разрешаемый объем постоянно увеличивается (расширяется).

Рассмотрим, как вычисляют направление и скорость ветра на некоторой высоте h . Пусть антенна имеет в данный момент времени азимут α .

Тогда для данного азимута (а угол места β остается постоянным все время) радиальная составляющая скорости V_r будет состоять из суммы трех компонент:

$$V_r = \pm W / \sin \beta \pm U / \cos \beta \pm V / \cos \beta \cdot \cos \alpha$$

Где W , V , и U - проекции реальной скорости ветра V_{hz} на высоте h на оси координат. Однако, ДРЛС измеряет именно V_r на высоте h , а также имеются величины углов β и α , в то время как истинный ветер неизвестен и его предстоит найти.

Вертикальная составляющая W может иметь одно из двух возможных направлений и, поскольку поле ветра однородно, ее можно найти как среднее из n - измерений V_r при разных α . Величины V_r должны быть предварительно проконтролированы.

Горизонтальная радиальная составляющая V_{hr} равна:

$$V_{hr} = V_r \cdot \cos \beta$$

В момент, когда антенна направлена вдоль ведущего потока, величина V_{hr} наибольшая и положительная, а при противоположном направлении, т.е. когда она направлена против ветра, V_{hr} такая же по величине, но имеет обратный знак (сравните V_{hr} при азимутах 20° и 200°). Поскольку в метеорологии за направление ветра берут "откуда дует", то направление ветра равно 200° \pm 0°, а скорость 16 м/с.

Более сложный, но и более точный результат можно получить, используя практически все результаты измерений V_r за полный оборот антенны, предварительно исключив сомнительные значения, обнаруженные в процессе контроля. Составляющие на оси x и y можно найти как для всех измеренных значений за полный оборот антенны, а затем, по правилам векторного сложения найти скорость и направление ветра. Поскольку обработку осуществляет компьютер, то чаще всего так и поступают.

Известны варианты метода, не имеющие принципиальных отличий от описанного. Например, сканирование может производиться при постоянной дальности, но переменных углах места или осреднение ведется не по полному кругу, а по его частям (дугам) и др.

Задачу нахождения ветра мы рассмотрели в предположении, что радиус наблюдений r существенно меньше радиуса Земли R : $r \ll R$. В этом случае возможно

отражаемости обусловленная самой природой объекта; 2) неоднородность отражаемости внутри объема разрешения; 3) неточность соотношения между скоростью и отражаемостью, взятого для расчетов; 4) неточность определения положения объема разрешения; 5) нестационарность процессов в облаках и осадках в процессе измерений; 6) посторонние помехи. Из перечисленных факторов, вклад нестационарности возможно наибольший.

Получение полей ветра

ДРЛС позволяет вести измерения горизонтальных составляющих ветра на высотах не в точке, как радиозонд, а по площади, поэтому имеется возможность вычислять не только ветер, но и вихрь и дивергенцию, что чрезвычайно важно при мезометеорологическом прогнозировании гроз, шквалов, торнадо.

Для расчета составляющих ветра в этом случае используют уже не только VAD, а VVP - метод. В нем предусматривается измерение и вычисление составляющих U и V не в точках, расположенных на некоторой окружности, а по всей площади в радиусе действия D- радара на уровне, где результаты были бы очень показательны для понимания происходящего мезопроцесса, например, 850 мбар. Тезис об однородности поля ветра применим только к небольшим объемам, где ведутся измерения, размером обычно $7 \text{ Da } 0 = 30 \text{ So } 0$, $7 \text{ D } 0r = 30 \text{ км}$, $7 \text{ Db } 0 = 0,4 - 0,8 \text{ So } 0$. На такие объемы разбивается все наблюдаемое пространство. Вычисления ведутся отдельно по каждому объему и для одного объема получают только один средний результат. Представлен пример таких расчетов по данным одного ДРЛС в предоблачной атмосфере, т.е. до образования облаков. Положение атмосферного фронта хорошо согласуется с полученным полем ветра, в то время как по данным обычной наблюдательной сети и радиозондов фронт не был так хорошо выражен.

Поскольку расчеты ветра ведутся не только по окружности (как в методе VAD), а по секторам в $30 \text{ So } 0$, возникает вопрос, достаточна ли точность вычисленной дивергенции и вихря? Предоблачная дивергенция имеет порядок около $10^{-5} - 10^{-4} \text{ 1/с}$, а точность вычислений, как показывают оценки, не ниже $10^{-5} - 10^{-6} \text{ 1/с}$, т.е. на порядок выше.

Профилемеры ветра

лемеры. Различают профилемеры для средней и верхней атмосферы, работающие на высоких частотах (VHF radar) и профилемеры для нижней и средней тропосферы, работающие на сверхвысоких частотах (UHF radar).

Радаров для получения профилей ветра и измерения интенсивности турбулентности в мезосфере, стратосфере и нижней стратосфере (MST radar, он же VHF radar) пока немного, наиболее совершенные образцы имеются в США и Японии (MST - это первые буквы слов мезосфера, стратосфера, тропосфера). На рис 2.9 показана антенная система радара, расположенного в Платвиле (Platville), штат Колорадо, США. Используется антенна типа "фазированная решетка", расположенная горизонтально на поверхности земли. Принцип работы антенны такого типа описан ранее в 2.3. Технические характеристики VHF -радара приведен в табл.5.1. Его рабочая частота равна 50МГц ($710 = 6\text{м}$). Антенная решетка формирует три луча одновременно (Рис.2.9). Два из них предназначены для измерения составляющих горизонтального ветра по методу VAD, отклоняясь от вертикали на $15 \text{ So } 0$ к северу и востоку

м. Станции такого типа выпускаются серийно, они используются в Вооруженных силах США, а также в крупных аэропортах, обеспечивая данными взлет-посадку самолетов. Кроме вертикального профиля ветра станция измеряет и интенсивность турбулентности.

Вопросы для самоконтроля:

1. Принципы получения вертикального профиля ветра.
2. Получение полей ветра.

Рекомендуемая литература:

Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

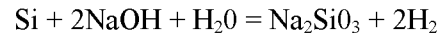
Лекции 18,19.

Способы добывания водорода на аэрологических станциях. Радиозондовые оболочки. Техника безопасности

Цели лекции:

Дать полную характеристику методов добычи водорода и требований техники безопасности. Подготовка радиозондовых оболочек к выпуску.

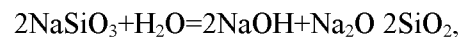
Силиколевый способ. Он заключается в получении водорода из воды в процессе ее участия в реакции между кремнием и едким натром (каустической содой):



Кремний, однако, используется не в чистом виде, а в сплаве с железом и называется поэтому ферросилицием, содержащим от 4,5 до 80% кремния. Он имеет вид мелкого порошка с диаметром около 1,0мм, темного цвета, безвреден. Упаковывается в железные барабаны (банки) весом по 100кг.

Железо, присутствующее при реакции, уравнением (19.12) не учитывается и вроде бы его количество не должно влиять на выход водорода. На самом же деле при снижении его содержания в ферросилиции ниже некоторого критического уровня выход водорода резко падает, реакция идет вяло.

Процессы, происходящие при добывании водорода силиколевым способом сложнее, чем это следует из уравнения (19.12), описывающего только первую стадию процесса. Образующийся силикат натрия подвергается гидролизу с выделением едкого натра и образованием силиката натрия с различными модулями, например, с модулем $N=2$;



Несмотря на то, что метод известен очень давно, процессы, протекающие при реакции, не до конца ясны. Отметим некоторые моменты.

При избытке воды полученный силикат может подвергаться дальнейшему гидролизу, увеличивая свой модуль:

а может совсем не пойти. Поэтому используемую воду следует подогревать и ее температура должна быть тем выше, чем ниже температура воздуха. В этом основной недостаток метода. Реакцию можно осуществить только в прочных стальных баллонах, называемых газогенераторами. В генератор закладывается 0,9 кг едкого натра 1,25 кг ферросилиция и 6 литров воды. В результате реакции получается около 1,3 м³ 0 водорода.

Получаемый водород оказывается довольно чистым, в нем содержится только около двух процентов примесей других газов.

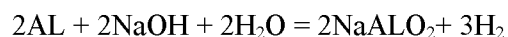
По окончании реакции на дне баллона в виде осадка, который склонен к затвердеванию, остается смесь из силиката натрия и закиси железа.

_Алюмо - силиколевый метод. . Отличие этого метода от описанного выше заключается в том, что часть ферросилиция (около 5 - 15%) заменяется алюминиевым порошком. Количество воды и едкого натра остается без изменений.

Алюминий, взаимодействуя со щелочью и водой, развивает высокую температуру, давая толчок для начала реакции ферросилиция со щелочью и водой безо всякого подогрева воды даже при низких отрицательных температурах воздуха. По окончании реакции получаются примерно те же 1,3 м³ 0 водорода. Остатки реакции не затвердевают и легко поддаются удалению.

Однако при температуре воздуха выше 10 -15 50 0С скорость реакции (особенно ее начало) заметно увеличивается и добавка алюминиевого порошка не рекомендуется.

_Щелочно - алюминиевый способ. . В этом способе водород извлекается из воды, в присутствии едкого натра, но ферросилиций полностью заменяется алюминием:



Процесс протекает аналогично как и при силиколевом методе т.е. имеет место гидролиз NaAlO₂. Отличительной особенностью процесса являются чрезвычайно высокая скорость реакции с выделением большого количества тепла и относительно большой расход воды при пониженном расходе едкого натра. Соотношение между навесками алюминиевого порошка и едкого натра равно 10:1.

Реакция начинается настолько быстро, что есть реальная опасность не успеть навинтить головку на горловину генератора. Поэтому этот метод применяется почти исключительно в генераторах низкого давления, в которых и начало реакции и скорость ее протекания регулируются количеством подаваемой в реактор воды. По необходимости реакцию можно вообще остановить в любой момент, а затем запустить заново.

Получаемый водород по чистоте близок к получаемому путем электролиза т.е. практически без примесей. Оставшиеся после реакции вещества легко удаляются.

Генераторы для добывания водорода.

Газогенераторы высокого давления. . В качестве реактора такого генератора используют корпус водородного баллона (Рис. 19.4). На реактор одеваются два пояса: один находится несколько выше середины баллона и снабжен специальными цапфами для крепления баллона на металлической подставке; второй пояс находится в нижней части баллона, к нему прикреплены ручки для переворачивания баллона при сливе остатков реакции.

Горловина у баллона широкая. Через нее осуществляется закладка химикатов. После

Штатив, на котором устанавливается реактор, собирается с помощью крюков, которые закрепляются после того, как обе части штатива надеты своими втулками на полуоси верхней обоймы. Все четыре ножки штатива прочно крепятся к полу.

Известны и другие модели генераторов высокого давления. Например, имеются в эксплуатации генераторы увеличенного объема до 100л (Франция). Такой генератор обеспечивает добычу водорода для наполнения одной оболочки N 150. Для удобства эксплуатации генератор располагается в наклонном положении на стальной тележке. При необходимости слить остатки реакции предусмотрен механизм опускания горловины ниже уровня установки генератора. Тележку можно передвигать по газогенераторному помещению.

Вопросы для самоконтроля:

Рекомендуемая литература:

Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998 – 632 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Лабораторная работа 1.

Сравнительный анализ погрешностей вычисления ветра в системах Н и Д

Цель: Убедиться, что при системе Д обладает меньшими погрешностями, чем система Н, особенно при малых углах мега.

Исходные данные: Величины погрешностей в измерении углов β и α и высоты Н и дальности Д, которые выдаются.

Методические указания: Методика анализа погрешностей содержится в лекциях по курсу.

Рекомендуемая литература:

Чередниченко В.С. Радиометеорология и Аэрология. Учебник, -Алматы: изд.КазГУ им.Аль-Фараби, 1998-632с.

Лабораторная работа 2.

Расчет давления при температурно-ветровом зондировании

Цель: Научиться на основе теоретической формулы рассчитывать давление на стандартные высоты и особые точки, находить высоты изобарических поверхностей.

Исходные данные: Таблица ТАЭ-3 с необходимыми данными для расчета давления.

Методические указания:

- Наставление выпуск IV, ч. 3а.
- Руководство по температурно-ветровому зондированию атмосферы.

Рекомендуемая литература: Наставления выпуска IV, ч. 3а.

Лабораторная работа 3.

Устройство радиозонда типа РКЗ

Цель: Изучить устройство базового радиозонда и его работу.

Исходные данные: Радиозонды РКЗ-1а, РКЗ-2, РКЗ-5.

Методические указания:

- Наставление выпуска IV, ч. 3а.
- -итог: результат оформляется в виде реферата на 2-4 стр.

Рекомендуемая литература: Наставления выпуска IV, ч. 3а.

Лабораторная работа 4.

Изучение радиозонда типа МРЗ-3.

Цель: Изучить устройство и принцип работы современного радиозонда.

Исходные данные: - радиозонд МРЗ-3а.

- руководство по температурно - ветровому зондированию

УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

СРС №1

Прямые методы. Метод однопунктных шаропилотных наблюдений

Цель СРС: Выучить и знать прямые методы и метод однопунктных шаропилотных наблюдений.

Рекомендуемая литература:

1. Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с.
2. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980.– 432 с.
3. Зайцева Н.А. Аэро логия. Учебник для техникумов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 320 с.

Задание: подготовка к тестовому занятию.

Форма контроля: участие в тестовом занятии

Сроки сдачи: 4 неделя

СРС №2

Радиоветровые наблюдения

Цель СРС: Выучить и знать радиоветровые наблюдения.

Рекомендуемая литература:

1. Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с.
2. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. –Л.: Гидрометеоиздат, 1990.–320 с.

Задание: подготовка к тестовому занятию.

Форма контроля: участие в тестовом занятии

Сроки сдачи: 8 неделя

СРС №3

Телеметрические системы измерений

Цель СРС: Выучить и знать телеметрические системы измерений.

Рекомендуемая литература:

1. Чердниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. Учебник, - Алматы, изд. КазГУ им. аль – Фараби, 1998-635 с.
2. Вельтищев Н.С. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций ВМО. – Секретариат ВМО, Женева, 1988. – 138 с.

Задание: подготовка к тестовому занятию.

Форма контроля: участие в тестовом занятии

Сроки сдачи: 12 неделя

СРС №4

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

1. Какой параметр является обязательным при определении вертикальной скорости шара-пилота по любому из методов?
2. Каким образом изменяется вертикальная скорость с высотой?
3. Способы расчета вертикальной скорости шара-пилота.
4. Методы обработки шаропилотных наблюдений.
5. Недостатки метода однопунктных шаропилотных наблюдений.
6. Факторы, влияющие на вертикальную скорость шара-пилота.
7. Преимущество метода базисных наблюдений перед методом однопунктных наблюдений?
8. Метод измерения высоты нижней границы облаков.
9. Как передаются результаты шаропилотных наблюдений потребителю?
10. Метод однопунктных шаропилотных наблюдений.
11. Метод обработки шаропилотных наблюдений: аналитический метод; графоаналитический метод; графический метод.
12. Особенности обработки наблюдений с движущегося корабля.
13. Вертикальная скорость шаров-пилотов.
14. Полная и свободная подъемная сила шара-пилота.
15. Уравнение движения шара.
16. Формулы для практического определения вертикальной скорости.
17. Факторы, влияющие на вертикальную скорость шаропилота.
18. Погрешности метода.
19. Аэрологические теодолиты.
20. Требования к аэрологическим теодолитам.
21. Нивелировка и ориентирование теодолита.
22. Поверка теодолитов.
23. Организация однопунктных шаропилотных наблюдений.
24. Выбор места и оборудование пункта.
25. Шаропилотные оболочки.
26. Наполнение оболочек.
27. Особенности наблюдений в темное время суток.
28. Метод базисных шаропилотных наблюдений.
29. Вычисление высоты шара проектирование на горизонтальную плоскость.
30. Организация базисных наблюдений.
31. Погрешности метода.
32. Метод радиопеленга.
33. Метод радиолокации.
34. Пассивный метод.
35. Активный метод.
36. Поверка радиотеодолитов и РЛС.
37. Организация и проведение контрольных и сравнительных наблюдений.
38. Анализ результатов контрольных и сравнительных наблюдений.
39. Точность определения характеристик ветра радиометодами.
40. Структура и основные характеристики телеметрических систем.
41. Характеристики сигналов и способы их кодирования.
42. Погрешности измерений.

Университет имени аль-

Факультет
Метеорологии
Кафедра

по дисциплине
«Аэрология»

радиозонда типа РКЗ.
температуры.

протокол № 8 от 2.05.2007 г.

В. С. Чередниченко

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

**Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби**

Географический факультет

Кафедра метеорологии

Билет №3

Для сдачи экзамена по дисциплине

«Аэрология»

1. Блок-схема и принцип работы радиозонда типа МРЗ.
2. Первичные преобразователи давления.

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 8 от 2.05.2007 г.

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

Университет имени аль-

Факультет
Метеорологии

по дисциплине
«Аэрология»

радиозонда типа МАРЗ.
достоинства.

протокол № 8 от 2.05.2007 г.

**Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби**

Географический факультет

Кафедра метеорологии

Билет №4

Для сдачи экзамена по дисциплине

«Аэрология»

1. Навигационные системы зондирования (на пример «Омега»)
2. Технический контроль результатов зондирования.

протокол № 8 от 2.05.2007 г.

В. С. Чередниченко

Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби
Географический факультет
Кафедра метеорологии

по дисциплине
«Аэрология»
радар.
зондирования.

протокол № 8 от 2.05.2007 г.

В.

С.

Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби
Географический факультет
Кафедра метеорологии

по дисциплине
«Аэрология»

- 1 Сущность радиоакустического метода зондирования.
- 2 Система архивации данных. Материалы, имеющиеся в архивах с данными зондирования.

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 8 от 2.05.2007 г.

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

**Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби
Географический факультет
Кафедра метеорологии**

Билет №7

**Для сдачи экзамена по дисциплине
«Аэрология»**

1. Назначение и этапы работ при температурно-ветровом зондировании.
2. Генератор АВГ-45 и работа с ним.

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 8 от 2.05.2007 г.

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

**Казахский Национальный Университет имени аль-
Фараби
Географический факультет
Кафедра метеорологии**

Кафедра метеорологии

Билет №10

**Для сдачи экзамена по дисциплине
«Аэрология»**

1. Контрольные и сравнительные наблюдения, назначение.
2. Оболочки для температурно-ветрового зондирования, их подготовка к выпуску.

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 8 от 2.05.2007 г.

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

**Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби
Географический факультет
Кафедра метеорологии**

Билет №11

**Для сдачи экзамена по дисциплине
«Аэрология»**

1. Водород. Методы добывания водорода на аэрологических станциях.
2. Блок-схема и принцип работы АВК 1.

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 8 от 2.05.2007 г.

Зав. кафедрой метеорологии

В. С. Чередниченко

ниверситет имени аль-

**И
факультет
оологии**

**по дисциплине
ия»**

осферы с помощью радаров
и VVP.
диокации, их применение в

отокол № 8 от 2.05.2007 г.

В. С. Чердниченко

й скорости шара – пилота по
ым параметром является:

а;
*

а – пилота с увеличением

нагружен фонариком;
агружен фонариком.

**способов определения
шара – пилота. Один из
уள்ளது. Отметь его:**

одной подъемной силе;
е окружности шара;
силе и длине окружности;
одной подъемной силе;
одной подъемной силе. *

**методов обработки шаро–
Один из перечисленных
етить его:**

*

**метода однопунктных
ений, ограничивающих
ся:**

1. трудности ведения наблюдений в темное время суток;
2. непостоянство вертикальной скорости с высотой; *
3. зависимость вертикальной скорости шара от скорости ветра;
4. трудности в измерении теодолитом малых вертикальных углов;
5. погрешности, обусловленные ленточным измерением времени.

6. Среди перечисленных ниже факторов, влияющих на вертикальную скорость шаро – пилота, один не имеет места, отметить его.

1. разность температур газов внутри и снаружи шара;
2. степень шероховатости поверхности шара;
3. диффузия газа через стенки оболочки;
4. отклонения истинной формы пилота от формы шара;
5. распределения скорости ветра с высотой. *

7. Основное преимущество метода базисных наблюдений перед методом однопунктных заключается в том, что:

1. облегчается наблюдения в ночное время;
2. повышается точность измерения угла места и азимута;
3. возможно вычисление высоты шаро–пилота независимым методом без учета его параметров; *
4. появляется возможность введения поправок на отклонения вертикальной скорости шара от стандартной;
5. появляется возможность измерения дальности до шара.

8. Метод измерения высоты нижней границы облаков основан на:

1. постоянстве вертикальной скорости шара с высотой; *
2. высокой точности измерения угла места теодолитом;
3. учете зависимости вертикальной скорости шара от скорости ветра;

скорости ветра в подоблачном

отой облачности и угловыми

–ветрового зондирования
ду:

рения угловых координат в
МРЗ – 3А» обеспечиваются:

о минимуму»;

о максимуму»;

ного метода;

методу «равносильной зоны»;

Доплера.

в качестве датчика давления

и преобразователем;

с;

их выше. *

качестве датчика температуры

»;

льная пластина;

ский) датчик;

(неметаллический) датчик

13. У радиозонда «МРЗ – 3А» в качестве датчика влажности используется:

1. человеческий волос;
2. животная пленка; *
3. гигристор угольного типа;
4. электролитический датчик;
5. гигристор с емкостным преобразователем (Humicap).

14. У радиозонда «МРЗ – 3А» результаты измерения температуры содержатся:

1. в несущей частоте СВЧ;
2. в виде пауз в измерении несущей частоты;
3. в виде изменения частоты суперирующих колебаний; *
4. в виде изменяющейся мощности измерения несущей частоты;
5. в виде сигналов типа азбуки Морзе.

15. Среди перечисленных ниже функций, выполняемых компьютером АВК, одна не имеет место. Отметь его:

1. обработка и контроль телеметрической информации;
2. вычисления значений температуры и влажности;
3. вычисления высоты;
4. вычисления направления и скорости ветра;
5. вычисления поляризации приходящего излучения. *

16. Среди неполного перечня функций, выполняемых АВК, одна не имеет места. Отметь его:

1. измерения угловых координат;
2. прием телеметрической информации;
3. полную обработку телеметрической и координатной информации;
4. составления телеграмм с результатами;
5. вычисления направления и скорости ветра навигационным методом. *

мой «АВК – МРЗ – ЗА»
ветра вычисляются на

ьности; *
оты;

еряемых теодолитом и высоты

температуры (система
ряд перечисленных ниже
ющие места:

а питания;
чика;
одъема радиозонда;
измерения. *

система АВК – МРЗ – ЗА)
ния:

стического сопровождения

метрических данных.

вания (система АВК –
– З является функцией:

ачала по времени, а потом – по

я по готовности данных;
подходит.

мическое сопротивление
:

1. термистор; *
2. проволочный (металлический) датчик;
3. биметаллический датчик;
4. термоконденсатор;
5. спиралеобразный биметаллический датчик.

22. Из перечисленных ниже датчиков влажности наименьшую зависимость от температуры имеет:

1. волосной;
2. пленочный (животная пленка);
3. карбоновый гигристор;
4. электролитический датчик;
5. основанный на методе точки росы. *

23. Успешная работа баропереклювателя основана на следующем эффекте:

1. равномерном изменении давления с высотой;
2. быстром изменении давления с высотой;
3. достаточно большом усилии, развиваемом барокоробкой; *
4. высокой точностью изменения давления;
5. наличием хорошей термокомпенсации.

24. Среди ниже перечисленных способов термокомпенсации один не имеет место. Отметь его:

1. газовый;
2. биметаллический;
3. статический; *
4. емкостной;
5. резисторный.

25. Передающая часть телеметрической системы должна содержать следующие, перечисленные блоки. Отметить ненужный блок.

1. первичные преобразователи (датчики);
2. коммутатор;

ый генератор);

еметрической системы
перечисленные ниже блоки.
к.

змерения и расчета давления.

оробка);

геопотенциала;
анометра;

несколько характерных
А – 22 системы
теодолит «Малахит» -
Отметить признак, не

(барокоробка);

омистор; *

тная пленка;

апазона;

ивного или сухого типа.

ы работ перед запуском
п, не имеющий место.

м;

30. Ниже перечислены этапы работ при сопровождении радиозонда (системы АВК – МРЗ – ЗА). Отметить этап, не имеющий места.

1. ввод данных выдержки и тарировочных данных в компьютер АВК;
2. обеспечения захвата радиозонда станций;
3. сопровождения радиозонда в автоматическом режиме;
4. вычерчивания графика хода высоты, температуры, влажности по времени; *
5. выдача телеграмм с результата.

31. Ниже перечислены отличия радиозонда МРЗ – ЗА от РКЗ. Отметить отличие, не имеющие место.

1. уменьшен вес;
2. уменьшена мощность измерения передатчика;
3. изменена несущая частота передатчика;
4. применены микросхема вместо
5. изменен принцип кодирования телеметрической информации. *

32. Ниже перечислены некоторые отличия АВК от РЛС «Метеорит». Отметить не имеющие место.

1. использована новая элементная база;
2. применен специализированный компьютер;
3. уменьшена мощность измерения передатчика;
4. предусмотрена диагностика состояния станции с помощью компьютера;
5. использован другой принцип сопровождения радиозонда по угловым координатам. *

33. Системы температурно-ветрового зондирования, использующие радиотеодолит вместо РЛС имеют перечисленные ниже отличия. Отметить отличия, не имеющие место.

1. радиозонд обязательно имеет датчик давления;

отсутствует передатчик и

не измеряется;

онный метод определения

более простое устройство, чем

антенн, используемых в

ИС аэрологического и

ия. Отметить тип, который не

ем излучателя в фокусе;

ным от фокуса положением

ная решетка»;

й луч». *

яются свои типы облачности,

ниже. Отметить не тип

применяются своя

. Отметить тип радиоэхо

37. Ниже перечислены параметры, измеряемые метеорологическим радаром в Дальней зоне.

Отметить параметр, который не измеряется:

1. верхняя граница радиоэха;
2. нижняя граница радиоэха; *
3. контуры радиоэха облачности в квазигоризонтальной плоскости;
4. радиолокационная отражаемость от осадков;
5. отражаемость на уровне нулевой изотермы.

38. Ниже перечислены параметры, измеряемые метеорологическим радаром в Ближней зоне. Отметить параметр, который не наблюдается:

1. верхняя граница радиоэха;
2. нижняя граница радиоэха;
3. отражаемость от осадков;
4. отражаемость на уровне нулевой изотермы;
5. отражаемость на уровне изотермы -10^0 С. *

39. Отметить тип радиоэха среди перечисленных ниже сочетаний:

1. С + А;
2. С + Q;
3. РКQ; *
4. Q;
5. N.

40. Отметить конвективную облачность среди перечисленных ниже сочетаний:

1. Q; *
2. С + А;
3. N;
4. N + С;
5. А + S.

лений выделить не являющиеся

ака;
лака;
лака;

ивни.

торый не используется
ых явлений в дальней

на уровне H_2 и H_3 ;
радиоэха;
радиоэха; *

и, который в настоящее
радиометеорологии;

радиус действия
ра МРЛ-5 составляет:

ском зондировании
радиодиапазон:

5. 10см.

46. Для наблюдений в тропических и экваториальных широтах наиболее целесообразно использовать следующие радиодиапазон:

1. 1см;
2. 3см;
3. 5см;
4. 10см; *
5. 30см.

47. Ниже перечисленные динамические характеристики радиоэха, определяемые по данным метеорологического радара. Отметить характеристику, который не определяется:

1. направление перемещения;
2. скорость перемещения;
3. изменение площади;
4. изменение отражаемости;
5. изменение высоты верхней границы. *

48. Эффект Доплера заключается в том, что

1. гидрометеоры взаимодействуют с электромагнитными излучением;
2. отражаемость от твердых гидрометеоров больше, чем от жидких;
3. частоту измерения РЛС можно подстраивать;
4. частота проходящего сигнала меняется пропорционально радиальной скорости гидрометеоров; *
5. частота проходящего сигнала зависит от тангенциальной скорости объекта.

49. Среди перечисленных устройств отметить использующие особенности распространения оптических волн в атмосфере:

данных наблюдений
ра:

дится поверхность 925 мбар?

дится поверхность 850 мбар?

дится поверхность 700 мбар?

дится поверхность 500 мбар?

55. К какой из высот ближе всего находится поверхность 400 мбар?
1. 7.0;
 2. 9.0;
 3. 10.5;
 4. 12.0;
 5. 13.5.
56. К какой из высот ближе всего находится поверхность 300 мбар?
1. 7.0;
 2. 9.0;
 3. 10.5;
 4. 12.0;
 5. 13.5.
57. К какой из высот ближе всего находится поверхность 250 мбар?
1. 7.0;
 2. 9.0;
 3. 10.5;
 4. 12.0;
 5. 13.5.
58. К какой из высот ближе всего находится поверхность 200 мбар?
1. 7.0;
 2. 9.0;
 3. 10.5;
 4. 12.0;
 5. 13.5.
59. К какой из высот ближе всего находится поверхность 150 мбар?
1. 13.5;
 2. 16.0;
 3. 18.5;
 4. 20.5;
 5. 24.0.
60. К какой из высот ближе всего находится поверхность 100 мбар?
1. 13.5;
 2. 16.0;
 3. 18.5;
 4. 20.5;
 5. 24.0.
61. К какой из высот ближе всего находится поверхность 70 мбар?
1. 13.5;
 2. 16.0;

дится поверхность 50 мбар?

68. К какой из высот ближе всего находится поверхность 800 мбар?

1. 0.5;
2. 1.0;
3. 1.5;
4. 4.0;
5. 5.5.

дится поверхность 30 мбар?

69. К какой из высот ближе всего находится поверхность 600 мбар?

1. 1.0;
2. 1.5;
3. 2.0;
4. 4.0;
5. 5.5.

дится поверхность 20 мбар?

70. Характерная радиолокационная отражаемость определяется в радиусах, км:

1. 40;
2. 90;
3. 120;
4. 180;
5. 300.

дится поверхность 10 мбар?

71. Направление и скорость перемещения определяется для числа радиозоно не более чем?

1. 9.0;
2. 7.0;
3. 5.0;
4. 3.0;
5. 2.5.

дится поверхность 5 мбар?

72. Радиолокационная отражаемость ($\lg Z$) не бывает более чем:

1. 9.0;
2. 7.0;
3. 5.0;
4. 3.0;
5. 2.5.

дится поверхность 900 мбар?

73. В среднем статистическом, если величина критерия градоопасности равна 3.7, то имеет место явление:

1. R;
2. град;
3. ливневые осадки;
4. Cb (Q);
5. (R).

причина критерия
место явление:

5. очень сильная.

80. За 30 минут центр радиозона сместится на 17 км, какова его скорость, км?

1. 17;
2. 34;
3. 170;
4. 50;
5. 30.

причина критерия
место явление:

81. За 30 минут центр радиозона сместится на 20 км, какова его скорость, км?

1. 17;
2. 34;
3. 170;
4. 50;
5. 30.

причина критерия
место явление:

82. Вертикальная скорость радиозонда составляет примерно, м/с:

1. 5;
2. 10;
3. 15;
4. 20;
5. 50.

причина критерия
место явление:

83. Вертикальная скорость радиозонда составляет примерно, м/мин:

1. 300;
2. 500;
3. 700;
4. 900;
5. 150.

дальность радиара составляет, км:

84. Наибольшая высота подъема радиозонда может составлять, км:

1. 40;
2. 80;
3. 50;
4. 100;
5. 200.

какая из них отсутствует:

85. У радиозонда типа А-22 имеются следующие первичные преобразователи (отметить отсутствующий датчик):

1. t;
2. U;
3. P;
4. t;

о развития:

2. Cb;
3. Ac;
4. As;
5. Ci.

92. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

о развития:

1. Cb;
2. Cs;
3. As;
4. Ac;
5. Ns.

о развития:

93. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

1. Ns;
2. Cs;
3. Cb;
4. Cc;
5. Ac.

о развития:

94. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

1. Ns;
2. Ci;
3. Cc;
4. Cb;
5. Cs.

ливневые осадки:

95. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

1. Ns;
2. St;
3. Cs;
4. Ci;
5. Cb.

ливневые осадки:

96. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

1. Ns;
2. St.fr;
3. Sc;
4. St;
5. Cb.

ливневые осадки:

97. Отметить облачность, дающую ливневые осадки:

1. Ns;
2. St;
3. Cb;
4. Cs;

невые осадки:

2. Ci;
3. Cs;
4. Cc;
5. Cb.

вязаны грозы:

105. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cb;
3. Ci;
4. Cs;
5. St.

вязаны грозы:

106. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cb;
3. Ac;
4. As;
5. Ci.

вязаны грозы:

107. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Ac;
3. Cb;
4. As;
5. Cs.

вязаны грозы:

108. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Ac;
3. As;
4. Cb;
5. Ci.

вязаны грозы:

109. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Ac;
3. As;
4. Cc;
5. Cb.

вязаны грозы:

110. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Cb;
2. Cc;
3. Cs;
4. Ns;

вязаны грозы:

2. Cc;
3. Cb;
4. Ci;
5. St.fr.

вязаны грозы:

118. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cc;
3. Ac;
4. Ci;
5. Cb.

вязаны грозы:

119. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cc;
3. Cb;
4. Ac;
5. Ci.

вязаны грозы:

120. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cc;
3. Ci;
4. Ac;
5. Cb.

вязаны грозы:

121. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Ns;
2. Cc;
3. Cb;
4. St;
5. St.fr.

вязаны грозы:

122. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Cb;
2. Ac;
3. Cc;
4. Cu;
5. Ns.

вязаны грозы:

123. Отметить облачность, с которой связаны грозы:

1. Cc;
2. Cb;
3. Ac;
4. Ns;

вязаны грозы:

2. As;
3. Cu;
4. Cs;
5. Ns.

вязаны грозы:

131. Отметить облачность вертикального развития:

1. Ci;
2. Cu;
3. St;
4. As;
5. Cs.

вязаны грозы:

132. Отметить облачность вертикального развития:

1. Cu;
2. Cs;
3. Ci;
4. St;
5. St.fr.

вязаны грозы:

133. Отметить облачность вертикального развития:

1. Cb;
2. St.fr;
3. Ci;
4. St;
5. Cs.

вязаны грозы:

134. Отметить облачность вертикального развития:

1. Cu;
2. Ac;
3. As;
4. Ns;
5. Cc.

вязаны грозы:

135. Отметить облачность вертикального развития:

1. Ac;
2. Cu cong;
3. Cc;
4. St;
5. As.

го развития:

136. Отметить облачность вертикального развития:

1. Ci;
2. Ac;
3. Cu;
4. Cc;

го развития:

2. Cb;
3. As;
4. Cc;
5. Ns.

144. Отметить облачность, с которой связан град:

1. Cb;
2. Cc;
3. Ns;
4. Ac;
5. As.

го развития:

го развития:

145. Отметить облачность, с которой связан град:

1. Ns;
2. As;
3. Cc;
4. Ac;
5. Cb.

вязан град:

146. Отметить облачность, с которой связан град:

1. St;
2. Cc;
3. Cb;
4. Cs;
5. Ci.

вязан град:

147. Отметить облачность, с которой связан град:

1. Cc;
2. St;
3. Ci;
4. Cb;
5. Ns.

вязан град:

148. Отметить облачность, с которой связан град:

1. Ci;
2. Cc;
3. St;
4. Ns;
5. Cb.

вязан град:

149. Отметить облачность верхнего яруса:

1. Ns;
2. Cu cong;
3. Cu;
4. Cb;

