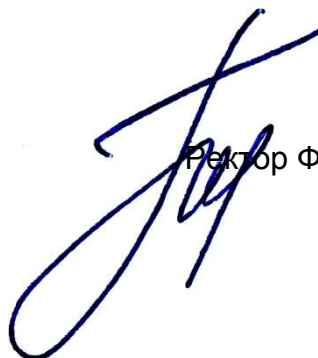


МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ»
(ФГБОУ ДПО «ИПК»)



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ДПО «ИПК»
А.Г.Тимофеева

Учебный модуль
«Применение доплеровского метеорологического радиолокатора (ДМРЛ)
для идентификации опасных явлений погоды,
использования в синоптической практике
и метеорологического обеспечения авиации»

Цель: повышение теоретических и практических знаний по вопросам переоснащения метеорологической радиолокационной сети, освоения современных доплеровских метеорологических радиолокаторов (ДМРЛ) и их использования в прогнозировании погоды.

Категория слушателей: специалисты синоптики УГМС, ЦГМС, АМСГ, АМЦ

Срок обучения: 112 учебных часа

Режим занятий: 6-8 часов в день

Форма обучения: очная, с отрывом от производства
дистанционная, без отрыва от производства

Аннотация

Учебный модуль «Применение доплеровского метеорологического радиолокатора (ДМРЛ) для идентификации опасных явлений погоды, использования в синоптической практике и метеорологического обеспечения авиации» рассчитан на повышение квалификации инженеров-синоптиков авиаметеорологических станций, отделов метеорологических прогнозов, других специалистов в прогнозировании погоды и направлен на повышение их теоретических знаний и практических навыков в использовании информации ДМРЛ. Изучаются вопросы современных методов радиолокационных метеорологических измерений и эксплуатации метеорологических доплеровских радиолокаторов с поляризационной обработкой сигналов, установленных на наблюдательной сети Росгидромета. Приводятся сведения о физических основах радиолокации и радиометеорологии. Обсуждаются вопросы эффективности ДМРЛ и представления радиолокационной метеорологической информации. Рассматриваются теоретические закономерности и практические основы получения и интерпретации информации ДМРЛ для анализа и прогноза погоды. Основное внимание уделено анализу и прогнозированию опасных явлений погоды с использованием ДМРЛ-С. Учебный модуль предназначен для специалистов-метеорологов использующих обработку и интерпретацию радиолокационной информации ДМРЛ-С в оперативной и исследовательской работе.

Модуль состоит из лекций и практических занятий, включена самостоятельная работа и подготовка реферата. Перед началом занятий предлагается провести самоподготовку с использованием учебных материалов в системе СДО Росгидромета. Общая продолжительность обучения составляет 112 учебных часов. Рекомендованный режим обучения 6-8 учебных часов. По окончании занятий предусмотрена итоговая аттестация с использованием приведенных ниже контрольных вопросов.

Учебный модуль разработан доцентом Кафедры метеорологии и охраны атмосферы Географического факультета Пермского Государственного Национального Исследовательского Университета (ПГНИУ), к.г.н., Толмачевой Натальей Игоревной. Рассмотрен и одобрен на заседании Ученого совета ФГБОУ ДПО «ИПК».

Учебно-тематический план

№ пп	Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		
		всего	распределение по видам занятий	
			лекции	практические
1	Предварительная самоподготовка в системе СДО Росгидромета	40		
2	Основы радиолокации, физические основы доплеровских измерений	6	4	2
3	Основные сведения о метеорологических радиолокаторах, состав и эксплуатация ДМРЛ	6	4	2
4	Использование наблюдений ДМРЛ для обнаружения и интерпретации атмосферных образований	14	6	8
5	Представление радиолокационной метеорологической информации, карты ДМРЛ	12	5	7
6	Использование информации ДМРЛ для анализа синоптической обстановки	18	8	10
7	Применение данных ДМРЛ в прогнозировании погоды	14	6	8
8	Итоговая аттестация	2	-	-
	ИТОГО:	112	33	37

Календарно-тематический план

№ пп	Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		
		всего	распределение по видам занятий	
			лекции	практические
1	2	3	4	5
1	Предварительная самоподготовка в системе СДО Росгидромета	40		
2	Основы радиолокации, физические основы доплеровских измерений	6	4	2
2.1	Радиофизические характеристики атмосферы и их связь с метеопараметрами. Уравнение радиолокации	2	2	-
2.2	Физические основы радиолокационных доплеровских измерений	4	2	2
3	Основные сведения о метеорологических радиолокаторах, состав и эксплуатация ДМРЛ	6	4	2
3.1	Метеорологическая эффективность аппаратуры ДМРЛ. Состав и особенности работы метеорологического доплеровского радиолокатора	2	2	-
3.2	Зондирование атмосферы ДМРЛ, процедура сканирования и обработка сигнала	4	2	2

1	2	3	4	5
4	Использование наблюдений ДМРЛ для обнаружения и интерпретации атмосферных образований	14	6	8
4.1	Определение облачных систем по радиолокационной информации	4	2	2
4.2	Радиолокационные критерии метеоявлений	6	2	4
4.3	Метеорологическая радиолокационная сеть ДМРЛ	4	2	2
5	Представление радиолокационной метеорологической информации, карты ДМРЛ	12	5	7
5.1	Поляризационные характеристики облачности	5	2	3
5.2	Карты горизонтального ветра, сдвиги ветра	3	1	2
5.3	Радиолокационное профилирование ветра	4	2	2
6	Использование информации ДМРЛ для анализа синоптической обстановки	18	8	10
6.1	Доплеровское измерение облачности и осадков, радиолокационное штормоповещение	6	2	4
6.2	Скорость и направление перемещения локальных ячеек, облачных систем	6	2	4
6.3	Распознавание атмосферных фронтов с использованием ДМРЛ-С	6	4	2
7	Применение данных ДМРЛ в прогнозировании погоды	14	6	8
7.1	Сверхкраткосрочный прогноз метеоявлений в радиусе обзора ДМРЛ	4	2	2
7.2	Анализ и прогноз опасных явлений погоды по радиолокационной информации	6	2	4
7.3	Метеорологическое радиолокационное обеспечение авиации	4	2	2
8	Итоговая аттестация	2		
	ИТОГО:	112	33	37

Содержание модуля

Основы радиолокации, физические основы доплеровских измерений.

Физические основы радиолокационных измерений. Физические основы доплеровских измерений. Ограничения радиолокационных доплеровских измерений. Доплеровские (когерентные) МРЛ. Многопараметрические радиолокаторы. Ограничение радиолокационного метода наблюдений. Рефракция радиоволн. Блокировка радиоизлучения. Ослабляющие свойства атмосферы. Ослабление радиоизлучения в осадках. Ошибки радиолокационного метода измерения осадков. Рассеяние электромагнитных волн сферическими частицами. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР). Эффективная площадь рассеяния облаков и осадков. Уравнение дальности радиолокационного наблюдения облаков и осадков. Основное уравнение радиолокации атмосферных

образований. Радиолокационная отражаемость. Определение облачности и явлений по радиолокационным данным. Поляризационные радиолокационные методы измерений. Поляризационные характеристики отражающих целей. ЭПР для различных поляризаций. Уравнение преобразования поляризации. Энергетические характеристики отражений от метеорообъектов. Поляризационные характеристики метеорологических радиолокационных целей. Физическая интерпретация поляризационных характеристик метеорообъектов. Поляризационная информация в оперативном режиме ДМРЛ. Схема коррекции ослабления в С-диапазоне. Классификация гидрометеоров по данным поляризационных ДМРЛ. Микрофизические характеристики снега по данным измерений на двух поляризациях. Диаграмма направленности антенны. Влияние радиопрозрачного укрытия. Метеорологический потенциал ДМРЛ. Аномальное распространение радиоволн.

Основные сведения о метеорологических радиолокаторах, состав и эксплуатация ДМРЛ. Доплеровский поляризационный радиолокатор ДМРЛ-С. Назначение ДМРЛ-С. Технические характеристики радиолокатора. Состав ДМРЛ-С. Особенности работы доплеровского метеорологического радиолокатора. Когерентный прием радиолокационных сигналов. Упрощенная блок-схема когерентного приемника импульсного доплеровского радиолокатора. Цель первичной обработки. Расчет параметров спектра. Метод комплексной автоковариации. Метод спектральной обработки. Расчет параметров спектра при использовании метода изменения импульсных интервалов. Отражаемость. Методы фильтрации первичных данных. Устранение мешающих отражений. Содержание процесса первичной обработки. Двухполярные (многопараметрические) радиолокаторы. Упрощенная блок-схема двухполярного передатчика (приемника). Метеорологические радиолокаторы с процедурами сжатия импульса. Пространственно-временная модуляция радиолокационных сигналов. Увеличение мощности излучения. Увеличение чувствительности приемника. Получение доплеровских характеристик. Метеорологические радиолокаторы с фазированной решеткой (ФАР). Принцип работы метеорологического радиолокатора с ФАР. Мини-ДМРЛ. Метеорологическая эффективность аппаратуры ДМРЛ. Функционирование радиолокатора ДМРЛ-С в составе наблюдательной сети Росгидромета. Режим радиолокационных наблюдений ДМРЛ. Ограничения радиолокационного метода наблюдений.

Регламент производства радиолокационных наблюдений ДМРЛ-С. Мониторинг технического состояния ДМРЛ.

Использование наблюдений ДМРЛ для обнаружения и интерпретации атмосферных образований. Краткие сведения об объектах радиолокационных метеорологических наблюдений (кучево-дождевые облака, осадки). Микрофизические свойства гидрометеорных частиц. Отражающие свойства гидрометеоров. Радиолокационная отражаемость. Доплеровская (радиальная) скорость и доплеровский спектр. Поляризационные характеристики. Дифференциальная отражаемость, дифференциальная фаза, удельная дифференциальная фаза. Уравнение радиолокации атмосферных образований. Вероятность обнаружения облаков и осадков. Погрешности определения высоты границ радиоэхо облаков. Преимущества радиолокационного метода наблюдений. Методы определения основных радиолокационных характеристик при радиометеорологических наблюдениях. Ввод метеопараметров в ДМРЛ-С. Радиолокационная классификация облаков. Максимальная отражаемость и метеоявления. Радиолокационные критерии метеоявлений. Пространственная структура отражаемости кучево-дождевой и слоисто-дождевой облачности. Методики радиолокационных измерений осадков. Радиолокационное измерение осадков в виде снега. Эффективность радиолокационных измерений осадков. Алгоритмы и критерии опасных явлений погоды. Критерии грозоопасности. Алгоритмы определения характеристик града. Эффективность радиолокационных критериев опасной погоды. Выявление зон, занятых осадками в разные сезоны года. Определение тенденции изменения радиолокационных характеристик. Программное обеспечение вторичной обработки информации ДМРЛ-С «ГИМЕТ-2010». Карта интенсивности осадков. Карта сумм осадков за 12 ч. Принципы идентификации метеоявлений в разных физико-географических районах. Метеорологические радиолокационные сети. Метеорологическая радиолокационная сеть ДМРЛ-С. Конфигурация сети. Сеть из нескольких радиолокаторов. Многофункциональная метеорологическая автоматизированная радиолокационная сеть. Автоматизированные сети Великобритании, США, Скандинавских стран, Западной Европы и их информационные продукты.

Представление радиолокационной метеорологической информации, карты ДМРЛ. Временной регламент передачи информации ДМРЛ. Первичные радиолокационные продукты ДМРЛ. Вторичная обработка. Режим измерения отражаемости. Режим доплеровская скорость. Режим двойная поляризация.

Управление и контроль работы радиолокатора. Генерация и отображение продуктов. Вторичные радиолокационные продукты программного обеспечения «ГИМЕТ-2010». Сигнализация о наличии опасных явлений в зоне обзора ДМРЛ. Характеристики осадков. Описание радиолокационных карт ДМРЛ. Обязательный комплекс данных в различные сезоны года. Вертикальные разрезы полей радиолокационной отражаемости. Карты верхней границы облачности. Вертикальный и горизонтальный сдвиги ветра. Градации сдвига ветра. Видимость в осадках. Контуры опасных явлений погоды. Вертикально проинтегрированная водность. Поляризационные характеристики облачности. Вектор перемещения и карты горизонтального ветра ДМРЛ-С. Использование карты вертикального профиля ветра. Осреднение метеоданных при измерении пространственного разрешения в «ГИМЕТ-2010». Оценка качества радиолокационных наблюдений ДМРЛ-С. Методика оценки успешности идентификации опасных явлений по данным ДМРЛ-С. Распространение информации ДМРЛ (радиолокационных продуктов). Код FM 94-BUFR. Схема кодирования телеграмм.

Использование информации ДМРЛ для анализа синоптической обстановки. Особенности перемещения облачных систем и отдельных конвективных облаков. Определение скорости и направления перемещения облачных систем и отдельных ячеек радиоэха. Определение скорости и направления движения облачности с явлениями по данным ДМРЛ-С. Грозовая облачность на картах отражаемости. Внутримассовая и фронтальная грозовая облачность. Обнаружение шквалов и смерчей. Рекомендации по использованию данных ДМРЛ в синоптической практике. Грозы на холодном фронте на ДМРЛ-С. Грозы на теплом фронте. Грозы на вторичных холодных фронтах. Внутримассовые грозы по ДМРЛ. Слоистообразная и кучевообразная облачность при разных синоптических процессах и связанные с ней осадки и опасные явления по данным ДМРЛ. Слоисто-дождевая облачность на теплом фронте. Слоисто-дождевая облачность фронта окклюзии. Облачность центра молодого циклона. Облачность заполняющегося циклона. Кучево-дождевая облачность за холодным фронтом. Кучево-дождевая облачность на холодном фронте. Внутримассовая кучево-дождевая облачность.

Применение данных ДМРЛ в прогнозировании погоды. Применение данных ДМРЛ для определения характера и пространственного распределения облачных систем. Вектор перемещения и карты горизонтального ветра. Использование доплеровской и поляризационной информации для

идентификации опасных явлений погоды. Обнаружение шквалов и смерчей. Использование ДМРЛ для диагноза опасных явлений в системах фронтальной и внутримассовой конвективной облачности. Прогноз в радиусе обзора ДМРЛ. Автоматизированный текущий прогноз осадков. Практическое применение радиолокационной метеорологической информации. Примеры использования ДМРЛ-С в прогнозе метеоявлений. Прогноз фронтальных осадков. Прогноз гроз, града. Сверхкраткосрочный прогноз метеоявлений на основе использования вектора перемещения зон облачности и осадков. Сопоставление радиолокационной и эталонной информации о грозах при оценке оправдываемости гроз. Оперативный мониторинг качества радиолокационных наблюдений ДМРЛ-С. Применение радиолокационных метеорологических данных в системах мезомасштабного анализа. Усвоение радиолокационных данных в моделях численного прогноза погоды. Метеорологическое обеспечение авиации. Общие требования. Основные требования к радиолокационной информации для АС УВД. Рекомендации ИКАО. Метеорологическая радиолокационная информация для РЛС ОВД.

Темы практических работ

1. Расчет предельной дальности радиолокационного обнаружения атмосферных образований.
2. Анализ основного уравнения радиолокационных атмосферных образований.
3. Измерение осадков радиолокационным методом, определение интенсивности и сумм осадков по ДМРЛ.
4. Радиолокационное обнаружение и локализация опасных явлений.
5. Получение и обработка данных на ДМРЛ-С.
6. Использование программного обеспечения вторичной обработки информации ГИМЕТ-2010 для метеорологического анализа данных радиолокатора ДМРЛ-С.
7. Анализ радиолокационных карт ДМРЛ-С.
8. Прогноз перемещения облаков и зон осадков на ДМРЛ.
9. Доплеровские радиолокационные методы обнаружения шквала, грозы, града.
10. Сверхкраткосрочный прогноз метеоявлений на основе использования ДМРЛ.

Темы рефератов

1. Преимущества доплеровского радиолокационного метода наблюдений.
2. Ограничение радиолокационного метода наблюдений.
3. Сбор и распространение информации ДМРЛ. Оперативная радиолокационная сеть.
4. Использование данных ДМРЛ в синоптической практике.
5. Обеспечение безопасности полетов с использованием ДМРЛ в условиях грозовой деятельности.
6. Анализ облачности атмосферных фронтов с использованием ДМРЛ-С.
7. Информация о сдвигах ветра по информации ДМРЛ и ее использование в метеорологическом обеспечении авиации.
8. Построение и использование карт ДМРЛ вертикального профиля ветра.
9. Использование доплеровской и поляризационной информации для идентификации метеоявлений.
10. Диагноз и прогноз опасных метеорологических явлений погоды по данным ДМРЛ.

Примерный перечень контрольных вопросов

1. Методы радиолокации. Доплеровские МРЛ.
2. Структура и отдельные системы ДМРЛ.
3. Определение координат цели по ДМРЛ.
4. Особенности работы доплеровского метеорологического радиолокатора.
5. Единицы измерения в радиолокации.
6. Доплеровские измерения облачности и осадков.
7. Уравнение радиолокации атмосферных образований.
8. Радиолокационная отражаемость.
9. Радиолокационные критерии метеоявлений.
10. Ограничение радиолокационного метода наблюдений.
11. Назначение и технические характеристики ДМРЛ.
12. Метеорологическая эффективность аппаратуры ДМРЛ.
13. Особенности построения доплеровских радиолокаторов и их отличия от МРЛ.
14. Автоматизация наблюдений ДМРЛ.
15. Метеорологическая радиолокационная сеть.
16. Комплексное сканирование пространства ДМРЛ.

17. Сроки наблюдений. Режим радиолокационных наблюдений ДМРЛ-С.
18. Временной регламент передачи информации ДМРЛ.
19. Описание радиолокационных карт ДМРЛ. Вертикальные профили ветра.
20. Обязательный комплекс первичных данных и вторичных (метеорологических) данных.
21. Сбор и распространение информации ДМРЛ.
22. Радиолокационная классификация облаков и явлений.
23. Использование информации ДМРЛ о вертикально проинтегрированной влажности.
24. Облачность с грозой на картах отражаемости ДМРЛ.
25. Радиолокационные критерии принятия решений об опасных явлениях.
26. Выявление зон, занятых осадками в разные сезоны года по ДМРЛ.
27. Грозы на холодном фронте по ДМРЛ-С.
28. Радиолокационный анализ гроз на теплом фронте.
29. Определение тенденции изменения радиолокационных характеристик.
30. Поляризационные характеристики облачности.
31. Анализ сдвигов ветра по ДМРЛ и их практическое использование.
32. Доплеровская и поляризационная информация для идентификации опасных явлений погоды.
33. Обнаружение шквалов и смерчей по ДМРЛ.
34. Применение данных ДМРЛ для определения характера и пространственного распределения облачных систем.
35. Определение скорости и направления перемещения облачных систем и отдельных ячеек ДМРЛ. Вектор перемещения.
36. Использование ДМРЛ для диагноза опасных явлений в системах фронтальной и внутримассовой конвективной облачности.
37. Использование доплеровской радиолокационной информации в прогнозе погоды.
38. Анализ слоистообразной облачности при разных синоптических процессах и связанные с ней осадки по данным ДМРЛ.
39. Анализ кучевообразной облачности при разных синоптических процессах и связанные с ней опасные явления по радиолокационной информации.
40. Кучево-дождевая облачность за холодным фронтом по информации ДМРЛ.
41. Облачность центра молодого циклона по ДМРЛ.
42. Рекомендации по использованию данных ДМРЛ в синоптической практике.

43. Сверхкраткосрочный прогноз метеоявлений с использованием ДМРЛ-С.
44. Прогноз гроз, града по ДМРЛ.
45. Оценка распознавания метеоявлений ДМРЛ.

Список литературы

Основная

1. Доплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С. Руководство по эксплуатации, в 6-ти кн. ЦИВР.462414.002 РЭ. М.: ЛЭМЗ. 2011.:
 - [Руководство по эксплуатации. Часть 1. Основные сведения.](#)
 - [Руководство по эксплуатации. Часть 2. Описание и работа составных частей. Волноводный тракт, передающее устройство и приемная система ПРЛ.](#)
 - [Руководство по эксплуатации. Часть 3. Описание и работа составных частей. Аппаратура обработки ДМРЛ-С.](#)
 - [Руководство по эксплуатации. Часть 4. Описание и работа составных частей. Автоматизированная система контроля и управления \(АСКУ\).](#)
 - [Руководство по эксплуатации. Часть 5. Описание и работа составных частей. Система первичного и вторичного электропитания, вспомогательное оборудование. Руководство по эксплуатации. Часть 6. Техническое обслуживание и текущий ремонт.](#)
 - [Программное обеспечение головного процессора. Автоматизированная система контроля и управления. Руководство оператора.](#)
 - [Программное обеспечение головного процессора. Автоматизированная система контроля и управления. Руководство системного программиста.](#)
2. [Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике.](#) М.: ЦАО. 2014. - 110 с.

Дополнительная

1. [Толмачева Н.И., Булгакова О.Ю. Метеорологические радиолокаторы и радионавигационные системы управления воздушным движением.](#) // Пермь: Перм. ун-т, 2007. 154 с.
2. [Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети.](#) СПб: Гидрометеиздат, 2002. 332 с.

3. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. РД 52.04.320-91. СПб: Гидрометеиздат. 1993. 356 с.
4. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Т. 2. СПб: Наука. 2010. 518 с.