

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению
подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная метеорология

Квалификация:
Магистр

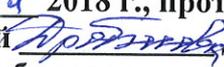
Форма обучения
Очная/Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»

 Дробжева Я.В.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
20 февраля 2018 г., протокол № 4
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.
Авторы-разработчики:
 Анискина О.Г.

Санкт-Петербург 2018

Составил:

Анискина О.Г. – доцент кафедры метеорологических прогнозов Российского государственного гидрометеорологического университета.

© О.Г.Анискина, 2018

© РГГМУ, 2018

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Моделирование природных процессов» - подготовка магистров по направлению «Прикладная гидрометеорология», обучающихся по профилю «Прикладная метеорология», владеющих знаниями в объёме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, способных создавать гидродинамические модели атмосферных процессов и грамотно использовать результаты моделирования.

Основные задачи дисциплины «Моделирование природных процессов» связаны с освоением:

- физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы,
- теоретических принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы,
- численных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- основ применения результатов гидродинамического моделирования при составлении оперативных прогнозов погоды.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование природных процессов» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к дисциплинам базовой части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин бакалавриата: «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Математика (теория вероятности и статистика)», «Геофизика», «Иностранный язык», «Численные методы математического моделирования», «Дополнительные главы параметризаций физических процессов», «Вихревая динамика», «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями». Также для освоения данной дисциплиной необходимы знания дисциплин: «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Специальные главы «Физики атмосферы, океана и вод суши», «Специальные главы статистического анализа процессов и полей» и др.

Параллельно с дисциплиной «Моделирование природных процессов» изучаются: «Дистанционные методы исследования природной среды», «Технические аспекты гидродинамического моделирования», «Усвоение данных наблюдений за гидродинамическими моделями».

Дисциплина «Моделирование природных процессов» является базовой для проведения научно-исследовательской работы, преддипломной практики. Знания, полученные в ходе изучения данной дисциплины, могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы магистра.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОКП-4	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять

	результаты исследований.
ОКП-5	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.
ПК-1	Понимание и творческим использованием в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин.
ПК-4	Готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Моделирование природных процессов» обучающийся должен:

Знать:

- физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;
- системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;
- методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;
- методы анализа конечно-разностных схем;
- способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;
- численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.

Уметь:

- разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;
- аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;
- анализировать ошибки конечно-разностных схем;
- осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.

Владеть:

- методикой построение гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;
- методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;
- методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Моделирование природных процессов» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенцией планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки освоения компетенцией (описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
Минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
Базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
Продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4.1 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2017,2018 гг.набора	Заочная форма обучения 2016,2017,2018 гг. набора
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	48	12
в том числе:		
лекции	16	4
практические занятия	32	8
лабораторные занятия		-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	60	96
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	+
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	экзамен	экзамен

4.2 Содержание разделов дисциплины

Очное обучение
2017,2018 гг. набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час	Формируемые компетенции
			Лекции	Практ. занятия и семинары	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
1	Основные понятия теории разностных схем	3	2	0	0	1	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Численное интегрирование по вертикали.	3	1	2	0	2	Вопросы по практической работе, письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Численное дифференцирование по вертикали.	3	1	2	0	2	Вопросы по практической работе, Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4

4	Полулагранжев и лагранжев к подходу к решению уравнений гидротермодинамики атмосферы.	3	1	2	0	1	Вопросы по практической работе, Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
5	Нерегулярные сетки, используемые для дискретизации по горизонтали.	3	1	2	0	1	Вопросы по практической работе, Вопросы на лекции.	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
6	Дискретизация по вертикали, обеспечивающая учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	3	1	4	0	2	Вопросы по практической работе, письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
7	Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных.	3	1	4	0	4	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
8	Консервативные конечно-разностные схемы.	3	0	4	0	4	Вопросы по практической работе, письменный опрос.	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
9	Монотонные и квази-монотонные конечно-разностные схемы.	3	2	6	0	2	Вопросы по практической работе, Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
10	Методы расщепления.	3	2	0	0	1	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
11	Спектрально-сеточные методы решения уравнений гидротермодинамики атмосферы.	3	2	2	0	1	Вопросы по практической работе, Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
12	Метод конечных элементов.	3	2	2	0	1	Вопросы на лекции, Вопросы по практической работе	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
13	Метод конечных объёмов.	3	0	2	0	2	Вопросы по практической работе	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1

									ПК-4
		16	32	0	24			12	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (36 часов)						108 часов			

заочное обучение
2016, 2017, 2018 гг. набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час	Формируемые компетенции
			Лекции	Практ. занятия и (или) семинары	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
1	Основные понятия теории разностных схем	2	2	0	0	8	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Численное интегрирование по вертикали.	2	0	1	0	6	Вопросы по практической работе, письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Численное дифференцирование по вертикали.	2	0	1	0	6	Вопросы на практической работе	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
4	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидротермодинамики атмосферы.	2	0	1	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
5	Нерегулярные сетки, используемые для дискретизации по горизонтали.	2	0	1	0	6	письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
6	Дискретизация по вертикали, обеспечивающая учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	2	0	0	0	6	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
7	Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов	2	0	0	0	6	письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4

	производных.								
8	Консервативные конечно-разностные схемы.	2	0	1	0	6	Вопросы на практической работе, письменный опрос.	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
9	Монотонные и квази-монотонные конечно-разностные схемы.	2	0	1	0	6	Вопросы на практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
10	Методы расщепления.	2	0	0	0	7	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
11	Спектрально-сеточные методы решения уравнений гидротермодинамики атмосферы.	2	2	1	0	8	Вопросы на лекции, вопросы на практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
12	Метод конечных элементов.	2	0	1	0	8	Вопросы по практической работе	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
13	Метод конечных объемов.	2	0	0	0	6	Письменный опросе	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
Итого часов:			4	8	0	87		12	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (9 часов)						108 часов			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Основные понятия теории разностных схем

Дискретизация пространства. Сетки. Аппроксимация. Ошибка аппроксимации. Порядок точности аппроксимации. Вычислительная вязкость. Согласованность. Сходимость. Дисперсионные свойства. Фаза колебания. Устойчивость.

4.2.2 Численное интегрирование по вертикали

Дискретизация по вертикали, обеспечивающая наличие инвариантов. Численное интегрирование методом Гаусса.

4.2.3 Численное дифференцирование по вертикали

Дифференцирование по вертикали, обеспечивающее наличие инвариантов.

4.2.4 Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидротермодинамики атмосферы

Переменные Лагранжа. Уравнения в лагранжевых переменных. Методы определения начальной точки траектории. Методы определения конечной точки траектории. Явный, неявный и полунявный алгоритмы решения уравнений в лагранжевых переменных.

4.2.5 Нерегулярные сетки, используемые для дискретизации по горизонтали

Регулярные и нерегулярные сетки. Проблема полюсов в глобальных моделях в сферической системе координат. Сетка Курихары. Икосаэдральная сетка. Адаптивные сетки. Методы непрерывной динамической адаптации сеток.

4.2.6 Дискретизация по вертикали, обеспечивающая учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы

Сигма-система координат. Повторяющая орографию система координат на основе высоты. Повторяющая орографию система координат на основе давления. Гибридные сетки. Расшатанные по вертикали сетки. Сетка Чарни-Филлипса. Сетка Лоренца. Аппроксимации уравнений гидротермодинамики атмосферы на различных сетках по вертикали.

4.2.7 Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных

Методика повышения порядка точности. Повышение порядка точности за счёт привлечения дополнительных узлов сетки.

4.2.8 Консервативные конечно-разностные схемы

Основные подходы к построению консервативных схем. Повышение устойчивости конечно-разностных алгоритмов при помощи консервативных схем.

4.2.9 Монотонные и квази - монотонные конечно-разностные схемы

Понятия монотонности и квази-монотонности. Основные подходы к построению монотонных схем. Схема Смоляркевича. Схемы коррекции потоков. TVD- схемы. Различные ограничители в TVD- схемах. Схема кабаре.

4.2.10 Методы расщепления

Основные положения метода расщепления. Физические основы метода расщепления. Математические положения метода расщепления. Применение метода расщепления для решения уравнений модели «мелкой воды». Применение метода расщепления для решения уравнений бароклинной негеострофической адиабатической модели атмосферы.

Прямое и обратное преобразования Фурье. Сферические функции. Разложение в ряды по сферическим функциям. Методы усечения рядов по сферическим функциям.

4.2.11 Спектрально-сеточные методы решения уравнений гидротермодинамики атмосферы

Основные принципы решения уравнений спектрально-сеточным методом. Применения спектрально сеточного метода для решения квазисолоноидального уравнения вихря скорости.

4.2.12 Метод конечных элементов

Основные положения метода конечных элементов. Триангуляция. Базисные функции. Кусочно-линейные функции. Функции – крышки. Решение методом конечных элементов уравнений модели «мелкой воды».

4.2.13 Метод конечных объёмов

Основные понятия метода конечных объёмов. Триангуляция. Базисные функции. Кусочно-линейные функции. Функции – крышки. Решение методом конечных элементов уравнений модели «мелкой воды».

4.3.Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	2	Численное интегрирование по вертикали.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
2	3	Численное дифференцирование по вертикали.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
3	4	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидротермодинамики атмосферы.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
4	5	Нерегулярные сетки, используемые для дискретизации по горизонтали.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
5	6	Дискретизация по вертикали, обеспечивающая учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
6	7	Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
7	8	Консервативные конечно-разностные схемы.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
8	9	Монотонные и квазimonотонные конечно-разностные схемы .	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
9	11	Спектрально-сеточные методы решения уравнений гидротермодинамики атмосферы.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
10	12	Метод конечных элементов.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Текущий контроль

- 5.1.1. Вопросы на лекции. Студентам предлагаются вопросы по каждому разделу с последующим их домашним анализом и письменными ответами на следующей лекции.
- 5.1.2. Решение задач по разделам. Студентам предлагаются задачи для домашнего решения и последующей проверки.
- 5.1.3. Беседа со студентами (коллоквиум) перед выполнением каждой лабораторной работы.
- 5.1.4. Прием и проверка отчета по каждой лабораторной работе.
- 5.1.5. Студентам выдаётся индивидуальное задание с последующей проверкой и допуском к зачёту.

а) Образцы заданий текущего контроля

Вопросы на лекции:

1. В чём суть дискретизации пространства и времени в задачах моделирования атмосферных процессов?
2. Что такое численные схемы?
3. Какие требования предъявляются к численным схемам?
4. Что такое аппроксимация?
5. Дать понятие сходимости конечно-разностной схемы?
6. Как определяется порядок аппроксимации конечно-разностной схемы?
7. В чём суть понятия согласованность?
8. В чём суть понятия сходимость?
9. Как определяется вычислительная эффективность?
10. Что такое число Куранта?
11. За что отвечает критерий Куранта-Фридрихса-Леви?
12. Сформулируйте теорему Леви?
13. Какие конечно-разностные аналоги производных известны?
14. Чем отличаются конечно-разностные аналоги производных?
15. Как повысить порядок точности конечно-разностного аналога?
16. Что такое вычислительная дисперсия?
17. Что такое вычислительная вязкость?
18. К чему приводит ошибка ложного представления?
19. Что такое интегральные инварианты?

Образцы вопросов для тестирования студентов.

Правильный ответ подчёркнут

1. Какой из перечисленных конечно-разностных аналогов производной обладает наивысшим порядком точности?
 - а) направленные разности вперёд
 - б) направленные разности назад
 - в) центральные разности
 - г) несимметричные разности
2. Что такое дискретное пространство?

- а) Это физическое пространство, в котором задана совокупность точек
- б) Это пространство, разделённое на отрезки неопределённой длины
- в) Это фазовое пространство
- г) Это пространство, в котором производят синоптическое наблюдения на станциях

**Вопросы к коллоквиуму перед выполнением практической работы №3
«Дискретизация по вертикали и точность конечно-разностных схем»**

1. Какие системы координат используются в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов?
2. Какая из систем координат лучшим образом соответствует синоптическому прогнозу погоды?
3. Какая из систем координат точнее описывает рельеф?
4. Какая из систем координат чаще используется в современных оперативных гидродинамических моделях атмосферы?
5. Какую из систем координат по вертикали проще использовать для дискретизации уравнений гидродинамики атмосферы?
6. Как выбираются уровни по вертикали при использовании сигма-системы координат?
7. Используются регулярные сетки по вертикали? Почему?
8. Что такое расшатанные сетки?
9. Чем отличаются сетка Лоренца от сетки Чарни-Филлипса?
10. Какие уравнения гидродинамики атмосферы наиболее чувствительны к выбору системы координат по вертикали?
11. Какие граничные условия требуются при дифференцировании и интегрировании по вертикали?
12. Какие методы используются для интегрирования по вертикали?
13. Используются ли спектральные методы для интегрирования и дифференцирования по вертикали? Почему?
14. Применим ли метод конечных элементов для интегрирования и дифференцирования по вертикали?
15. Как влияет на форму уравнений гидродинамики атмосферы выбор дискретизации по вертикали?
16. Как рассчитывают силу барического градиента в сигма-системе координат?
17. Что такое гибридная система координат по вертикали?
18. Что такое изэнтропическая система координат по вертикали и где она используется?
19. В каких задачах оправдано использование декартовой системы координат по вертикали?

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов и докладов по данной дисциплине не предусмотрено.

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, базовый учебник [1].

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольную работу, пользуясь методическими указаниями.

Выполнение работы проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль: экзамен

Перечень вопросов к экзамену

1. Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов
2. Смысл и необходимость параметризаций в гидродинамическом атмосферном моделировании
3. Параметризация турбулентности: физические основы, виды турбулентности, виды параметризации.
4. Параметризация процессов обмена с подстилающей поверхностью.
5. Параметризация растительного покрова: основные подходы
6. Учет неоднородностей подстилающей поверхности в атмосферных моделях: основные подходы
7. Параметризация коротковолновой радиации
8. Параметризация облачности и осадков: общие понятия, основные уравнения для прогностических схем облачности
9. Параметризация процесса конденсации: скорость конденсации
10. Диагностическая параметризация слоистой облачности
11. Параметризация конвекции.
12. Параметризация осадков
13. Использование результатов измерений для гидродинамического моделирования, системы анализа и ассимиляции данных
14. Подготовка данных для гидродинамического моделирования, инициализация
15. Система анализа и ассимиляция данных.
16. Использование рядов для решения задач прогноза погоды.
17. Методы построения определяющей системы уравнений.
18. Базисные функции, используемые в атмосферных процессах.
19. Метод конечных элементов.
20. Метод конечных объемов.
21. Системы координат, используемые в гидродинамических моделях атмосферы.
22. Сферические функции.
23. Полиномы Лежандра.
24. Нерегулярные сетки.
25. Адаптивные сетки.

Образцы экзаменационных билетов для экзамена в 3-м учебном семестре.

Экзаменационный билет № 7

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Моделирование природных процессов

1. Принципиальная схема гидродинамического прогноза атмосферных процессов.
2. Разложение ряд по сферическим функциям.

Заведующий кафедрой _____ Дробжева Я.В.

Экзаменационный билет № 11

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Моделирование природных процессов

1. Основные принципы получения определяющей системы уравнений..
2. Вычисление коэффициентов разложения в ряд по сферическим функциям.

Заведующий кафедрой _____ Дробжева Я.В.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Теоретические основы моделирования атмосферных процессов [Текст] : руководство к практическим занятиям. Ч. 2. Численные методы реализации моделей атмосферы / ВКА им. А. Ф. Можайского ; ред. Ю. В. Кулешов. - Санкт-Петербург: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2014. - 61 с. - ISBN 978-5-9901656-2-5.

2. Хорошевский В. Г. Вычислительные методы, алгоритмы и аппаратно-программный инструментальный параллельного моделирования природных процессов: Монография / Курносое М.Г., Хорошевский В.Г. - Новосибир.:СО РАН, 2012. - 355 с. ISBN 978-5-7692-1237-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=924904>

б) дополнительная литература:

1. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989.

2. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975.

3. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2002 - Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf

4. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1977.

5. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982.

6. Клемин, В. В. Динамика атмосферы Воен.-косм. акад. им. А. Ф. Можайского ; В. В. Клёмин, Ю. В. Кулешов, С. С. Суворов, Ю. Н. Волконский ; [под общ. ред. С. С. Суворова и В. В. Клёмина]. - Санкт-Петербург: Наука, 2013. - 420 с. <http://нэб.рф>

<http://нэб.рф/search/?q=Динамика+атмосферы++&c%5B%5D=4&c%5B%5D=5&c%5B%5D=7&c%5B%5D=3&c%5B%5D=6&c%5B%5D=2&c%5B%5D=9>

в) рекомендуемые интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система: <http://znanium.com>
2. Электронный ресурс: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction>
3. Электронный ресурс: NOAA National Centers For Environmental Information: http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp
4. Электронный ресурс: Met Office Numerical Weather Prediction models: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>
5. Электронный ресурс: Numerical Weather Prediction NWP: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (темы №1,2,5,6,9-11)	<p>Написание конспекта лекций: последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников и общения с преподавателями с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе и в общении с преподавателями.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет</p>
Практические занятия	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников, прежде всего - базового учебника.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.</p> <p>Разработка программ на языке высокого уровня Fortran.</p>
Индивидуальные задания	<p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и анализ вычислительных схем.</p> <p>Разработка программ на языке высокого уровня Fortran.</p>
Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.</p>

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1-13	<u>информационные технологии</u> 1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 3. проведение компьютерного тестирования <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru 3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов http://ra.rshu.ru/mp
Темы 3, 4, 7, 8, 12-13	<u>информационные технологии</u> 4. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 5. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 6. проведение компьютерного тестирования <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. компилятор языка программирования Fortran-90 2. система анализа и представления данных GRADS Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 3. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru 4. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов http://ra.rshu.ru/mp

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- 1. Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
- 2. Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
- 3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами

- обучения, служащими для представления учебной информации. Персональный компьютер типа Notebook.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации. Персональный компьютер типа Notebook.
 5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.