

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АТМОСФЕРНЫХ
МОДЕЛЯХ**

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. Дробжева Я.В.

Утверждаю
Председатель УМС И.И. Палкин 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 № 7
Зав. кафедрой Дробжева Я.В. Дробжева Я.В.
Авторы-разработчики:
Анискина О.Г. Анискина О.Г.

Санкт-Петербург 2018

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

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» – подготовка магистров, владеющих знаниями в объёме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, способных грамотно использовать результаты моделирования.

Основные задачи дисциплины «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» связаны с освоением:

- физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы,
- современных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- приобретение практических навыков по созданию и использованию гидродинамических моделей атмосферы разной степени сложности

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к дисциплинам вариативной части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин, изучаемых при подготовке бакалавра:

- «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Математика (теория вероятности и статистика)», «Геофизика», «Иностранный язык», «Численные методы математического моделирования», «Дополнительные главы численных методов решения задач», «Дополнительные главы параметризаций физических процессов», «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями».

Параллельно с дисциплиной «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» изучаются:

- «Климатическая обработка метеоинформации», «Долгосрочные прогнозы», «Теория ОЦА и климата».

Дисциплина «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» является базовой для освоения дисциплин:

- «Моделирование природных процессов», «Нелинейные процессы и взаимодействия в атмосфере Земли», «Усвоение данных наблюдений за гидродинамическими моделями».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

<i>Код компетенции</i>	<i>Компетенция</i>
ОПК-4	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований.
ОПК-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 «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» 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 «Численные методы, используемые в атмосферных моделях» 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 108 часов, 3 зачетных единиц.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2017,2018 гг. набора	Заочная форма обучения 2016,2017,2018 гг. набора
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	28	12
в том числе:		
лекции	14	4
практические занятия	14	8
лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	80	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	Практические занятия и (или) семинары	Самостоятельная работа			
1	Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы	3	0	2	4	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Дискретизация по вертикали в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	2	0	4	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Эйлеров и Лагранжев подход к описанию адвекции	3	0	2	4	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4

5	Методы Рунге-Кутты для решения уравнений гидродинамики атмосферы	3	0	2	4	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
6	Телескопизация в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	2	0	2	Вопросы на лекции.	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
7	Даунскейлинг	3	2	0	4	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
8	Методы подготовки начальных данных для современных гидродинамических моделей атмосферы	3	0	2	2	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
9	Сравнительный анализа различных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы.	3	0	4	4	Вопросы по практической работе, письменный опрос.	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
10	Описание неадиабатических процессов в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	2	0	2	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
11	Сглаживание и фильтрация в современных моделях атмосферы	3	2	0	4	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
12	Ансамблевый прогноз	3	2	0	2	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
13	Современные гидродинамические оперативные модели атмосферы	3	2	2	4	Вопросы по практической работе	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
Итого часов:			14	14	44		14	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (36 час)					108 часов			

Заочное обучение
2016,2017,2018 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	Практические занятия и (или) семинары	Самостоятельная работа			
1	Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы	3	0	1	6	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Дискретизация по вертикали в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	1	0	6	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Эйлеров и Лагранжев подход к описанию адвекции	3	0	1	6	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
4	Методы Рунге-Кутта для решения уравнений гидродинамики атмосферы	3	0	1	6	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
5	Телескопизация в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	1	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
6	Даунскейлинг	3	1	0	6	Вопросы на лекции.	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
7	Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы	3	0	1	6	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
8	Методы подготовки начальных данных для современных гидродинамических моделей атмосферы	3	0	1	6	Вопросы по практической работе, письменный опрос	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
9	Сравнительный анализа различных методов решения уравнений гидродинамики	3	0	1	6	Вопросы по практической работе,	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1

	атмосферы.					письменный опрос.		ПК-4
10	Описание неадиабатических процессов в современных гидродинамических моделях атмосферы	3	1	0	7	Вопросы по практической работе, письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
11	Сглаживание и фильтрация в современных моделях атмосферы	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
12	Ансамблевый прогноз	3	0	0	8	Вопросы по практической работе, письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
13	Современные гидродинамические оперативные модели атмосферы	3	1	2	8	Вопросы на лекции Вопросы по практической работе	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
Итого часов:			4	8	87		14	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (9 час)					108 часов			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы

Дискретизация пространства. Сетки. Аппроксимация. Ошибка аппроксимации. Порядок точности аппроксимации. Вычислительная вязкость. Согласованность. Сходимость. Дисперсионные свойства. Фаза колебания. Устойчивость. Использование рядов для решения уравнений гидродинамики. Базисные функции, используемые в атмосферных моделях. Минимизация невязки. Определяющая система уравнений.

4.2.2 Дискретизация по вертикали в современных гидродинамических моделях атмосферы

Дискретизация по вертикали, обеспечивающая наличие инвариантов. Численное интегрирование методом Гаусса. Использование рядов для численного дифференцирования. Дифференцирование по вертикали, обеспечивающее наличие инвариантов. Расшатанные по вертикали сетки. Сетка Лоренца. Сетка Чарни-Филлипса.

4.2.3 Эйлеров и Лагранжев подход к описанию адвекции.

Описание адвекции в переменных Эйлера. Описание адвекции в переменных Лагранжа. Полулагранжев подход. Определение начальной точки траектории. Интерполяция значений в начальную точку траектории. Использование Лагранжева подхода в экологических задачах.

4.2.4 Методы Рунге-Кутта для решения уравнений гидродинамики атмосферы

Интегрирование по времени. Методы Рунге-Кутта разного порядка точности. Использование методов Рунге-Кутта в современных гидродинамических моделях атмосферы.

4.2.5 Телескопизация в современных гидродинамических моделях атмосферы.

Понятие телескопизации. Вложенные сетки. Алгоритм решения уравнений на вложенных сетках. Движущиеся вложенные сетки. Постановка граничных условий на вложенных сетках. Адаптивные сетки. Методы непрерывной динамической адаптации сеток. Моделирование тропических и полярных циклонов с использованием вложенных сеток.

4.2.6 Даунскейлинг

Понятие даунскейлинга. Статистический даунскейлинг. Динамический даунскейлинг. Уточнение результатов гидродинамического моделирования погоды и климата. Использование результатов реанализа в метеорологических исследованиях.

4.2.7 Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы

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

4.2.8 Методы подготовки начальных данных для современных гидродинамических моделей атмосферы

Требования к начальным данным гидродинамических моделей атмосферы. Основные подходы к подготовке начальных данных. Источники получения начальных данных. Ассимиляция. Вариационные методы. Метод Кресмана. Наджинг. Фильтр Калмана.

4.2.9 Сравнительный анализ различных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы.

Конечно-разностные и спектральные методы решения уравнений гидродинамики. Достоинства и недостатки. Сравнительный анализ на примере решения баротропного квазигеострофического уравнения вихря.

4.2.10 Описание неадиабатических процессов в современных гидродинамических моделях атмосферы

Необходимость и важность описания неадиабатических процессов. Основные характеристики неадиабатических процессов. Параметризация. Вихреразрешающие модели. Особенности моделирования климата.

4.2.11 Сглаживание и фильтрация в современных моделях атмосферы.

Устойчивость конечно-разностных схем. Вычислительная вязкость. Фильтрация. Демпфирование. Фильтры Роббера-Асселлина, Шапиро, Фурье. Спектральная фильтрация. Сглаживание на расштатанных сетках.

4.2.12 Ансамблевый прогноз

Понятие ансамблевого прогноза. Методы составления ансамбля. Диаграммы Талаграна. Обработка результатов ансамблевого прогнозирования.

4.2.13 Современные гидродинамические модели атмосферы

Основные характеристики современных гидродинамических моделей атмосферы. Глобальные гидродинамические модели атмосферы. Региональные модели атмосферы.

4.3.Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных и практических работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Аппроксимации, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
2	3	Эйлеров и Лагранжев подход к описанию адвекции	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
3	4	Методы Рунге-Кутты для решения уравнений гидродинамики атмосферы	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
4	8	Методы подготовки начальных данных для современных гидродинамических моделей атмосферы	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
5	9	Сравнительный анализа различных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
6	13	Современные гидродинамические оперативные модели атмосферы	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 тестовых и контрольных 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.

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
 (Правильный ответ – в)
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
 (Правильный ответ – а)

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 учебным планом.

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

Вопросы на лекциях и при выполнении практических заданий.

Перечень вопросов к экзамену 3-го семестра

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 объёмов.
21. Системы координат, используемые в гидродинамических моделях атмосферы.
22. Сферические функции.
23. Полиномы Лежандра.
24. Нерегулярные сетки.
25. Адаптивные сетки.

Образцы билетов к экзамену:

Экзаменационный билет № 1

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Численные методы, используемые в атмосферных моделях

1. Погодообразующие волновые процессы и метеорологические шумы.
2. Минимизация невязки. Метод Галёркина.

Заведующий кафедрой _____ Я.В.Дробжева

Экзаменационный билет № 18

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Численные методы, используемые в атмосферных моделях

1. Принципиальная схема прогноза по явной схеме интегрирования.
2. Вложенные сетки.

Заведующий кафедрой _____ Я.В.Дробжева

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. 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>

2. Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В. Теория общей циркуляции. – Казань: Казан. ун-т, 2013.-224 с.

б) дополнительная литература:

1. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img090589.pdf

2. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Репинская Р.П., Анискина О.Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.- Санкт-Петербург: РГГМУ, 2002, 174 с. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf

3. Модели общей циркуляции атмосферы.- под редакцией Ю. Чанга. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 352 с.

4. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы (адиабатические инварианты и их применение).- Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. 1993. 168 с.

5. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений.- М.: Мир. 1980. 280 с.

6. Самарский А.А. Введение в численные методы.- М.: Наука. 1987. 288 с.

в) рекомендуемые интернет-ресурсы

1. Электронный ресурс: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction>

2. Электронный ресурс: http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp

3. Электронный ресурс: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>

4. Электронный ресурс: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

5. Электронный ресурс: <http://meteoinfo.ru/sm-forc-maps>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (темы №2,5,6,10)	<p>Написание конспекта лекций: последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>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 (темы №1,3,4,8,9,13)	<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 зачету и экзамену	<p>При подготовке к зачету и 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 1-14	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</p> <p>2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p>3. проведение компьютерного тестирования</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения</p>	<p>1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint.</p> <p>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru</p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов http://ra.rshu.ru/mp</p>
Темы 3, 4, 7, 8, 12-14	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>4. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</p> <p>5. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p>6. проведение компьютерного тестирования</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения</p>	<p>1. компилятор языка программирования Fortran-90</p> <p>2. система анализа и представления данных GRADS</p> <p>Пакет Microsoft Excel, PowerPoint.</p> <p>3. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru</p> <p>4. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов http://ra.rshu.ru/mp</p>

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.