

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ В МЕТЕОРОЛОГИИ, КЛИМАТОЛОГИИ И
АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы подготовки кадров высшей квалификации по
направлению подготовки

05.06.01 «Науки о Земле»

Направленность (профиль):
Метеорология, климатология, агрометеорология

Квалификация:
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Метеорология, климатология,
агрометеорология»


Погорельцев А.И.

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 № 7
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:
 Погорельцев А.И.
 Анискина О.Г.

Составили:

А.И.Погорельцев – доктор физико-математических наук, профессор кафедры метеорологических прогнозов Российского государственного гидрометеорологического университета

О.Г. Анискина – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры метеорологических прогнозов Российского государственного гидрометеорологического университета

© А.И.Погорельцев, О.Г.Анискина, 2018.

© РГГМУ, 2018.

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» является подготовка специалистов, владеющих знаниями в объёме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей природных процессов, способных создавать гидродинамические модели атмосферных процессов и грамотно использовать результаты моделирования.

Основные задачи дисциплины «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» связана с освоением:

- физических основ построения гидродинамических моделей природных процессов;
- современных методов решения уравнений гидродинамики;
- приобретение практических навыков по созданию и использованию гидродинамических моделей природных процессов разной степени сложности;
- приобретение практических навыков по использованию результатов гидродинамического моделирования природных процессов;
- приобретение навыков представления результатов исследования;
- приобретение навыков работы с ГИС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» относится к группе дисциплин по выбору аспиранта по научной специальности 05.06.01 – Науки о Земле, профиль - «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Основные разделы курса «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» требуют знаний в области прикладных метеорологических дисциплин: «Динамическая метеорология», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации» и др.

Для успешного освоения данной дисциплины, аспиранты должны обладать знаниями в области «Физики», «Информатики», «Вычислительной математики», «Математики (теория вероятности и статистика)», «Геофизики», «Иностранного языка».

Навыки, полученные в ходе изучения дисциплины «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии», используются при изучении дисциплин «Метеорология, климатология, агрометеорология», в ходе научно-исследовательской работы, педагогической практики, а также в процессе подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1	понимание принципов, определяющих разномасштабные процессы и явления в атмосфере, умением применять методики и технологии анализа, расчета и прогноза их состояния
ПК-2	понимание и творческое использование знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных метеорологических дисциплин
ПК-6	умение анализировать методологические проблемы, возникающие при решении исследовательских и практических задач в области гидрометеорологии
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях

В результате изучения дисциплины «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» аспирант 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 «Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенцией планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции	
базовый	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументировано излагает материал
	Выделяет и сравнивает концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументировано проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	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
	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
	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Объём дисциплины Форма обучения	Всего часов	
	очная форма обучения	заочная форма обучения
Общая трудоёмкость дисциплины	180 часов	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	36	8
в том числе:		
лекции	-	4
практические занятия	36	4
семинарские занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	144	172
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет	

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение
2018, 2017, 2016 года набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Практич.	Самост. работа			
1	Конечно-разностная аппроксимация производных	3	0	1	8	Опрос с оценкой знаний	0	ОПК-1 ПК-2 ПК-6
2	Сетки, используемые в математическом моделировании атмосферных процессов	3	0	2	8	Обсуждение и оценка знаний	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
3	Адаптивные сетки	3	0	2	8	Вопросы и ответы в баллах	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
4	Численное интегрирование и дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	3	0	2	8	Обсуждение и оценка знаний	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
5	Гидростатическое приближение в атмосферных моделях	3	0	2	8	Опрос оценкой	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
6	Негидростатические модели	3	0	2	8	Опрос с оценкой.	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
7	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики природных процессов. Методы расщепления.	3	0	2	8	Опрос с оценкой	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
8	Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	3	0	3	13	Расчётные задания	2	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
9	Методы конечных элементов и объёмов.	3	0	2	8	Вопросы и ответы в баллах.	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
10	Подготовка начальных	3	0	6	8	Расчётные	1	ОПК-1

	данных.					задания		ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
11	Параметризация физических процессов.	3	0	4	8	Вопросы и ответы в баллах.	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
12	Ансамблевый прогноз.	3	0	4	8	Расчётные задания	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
13	Геофизические информационные системы (ГИС) в науках о земле. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.	3	0	2	8	Обсуждение и оценка знаний	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
14	Геоинформационные системы IDRISI, ArcGIS, ArcView, ГИС МЕТЕО.	3	0	2	8	Обсуждение и оценка знаний	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
	ИТОГО			36	117		6	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета (27 часов)						180 часов		

Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Практич.	Самост. работа			
1	Конечно-разностная аппроксимация производных	3	0	0	12	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-2 ПК-6
2	Сетки, используемые в математическом моделировании атмосферных процессов	3	1	0	8	Обсуждение и оценка знаний	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
3	Адаптивные сетки	3	0	0	10	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
4	Численное интегрирование и	3	0	0	10	Вопросы на	1	ОПК-1

	дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.					зачете		ПК-1 ПК-2 ПК-6
5	Гидростатическое приближение в атмосферных моделях	3	1	0	10	Опрос оценкой	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
6	Негидростатические модели	3	0	0	10	Вопросы на зачете	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
7	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики природных процессов. Методы расщепления.	3	0	0	12	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
8	Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	3	1	2	18	Расчётные задания	2	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
9	Методы конечных элементов и объёмов.	3	0	0	10	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6
10	Подготовка начальных данных.	3	0	0	10	Вопросы на зачете	1	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
11	Параметризация физических процессов.	3	0	0	10	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
12	Ансамблевый прогноз.	3	1	0	8	Расчётные задания	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
13	Геофизические информационные системы (ГИС) в науках о земле. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.	3	0	2	12	Обсуждение и оценка знаний	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
14	Геоинформационные системы IDRISI, ArcGIS, ArcView, ГИС МЕТЕО.	3	0	0	5	Вопросы на зачете	0	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-6 УК-1
	ИТОГО		4	4	145			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Конечно-разностная аппроксимация производных

Дискретизация пространства. Сетки. Аппроксимация. Ошибка аппроксимации. Порядок точности аппроксимации. Вычислительная вязкость. Согласованность. Сходимость. Дисперсионные свойства. Фаза колебания. Устойчивость. Повышение порядка точности за счёт привлечения дополнительных узлов сетки. Основные подходы к построению консервативных схем. Повышение устойчивости конечно-разностных алгоритмов при помощи консервативных схем. Понятия монотонности и квази-монотонности. Основные подходы к построению монотонных схем. Схема Смольякевича. Схемы коррекции потоков. TVD- схемы. Различные ограничители в TVD- схемах. Схема кабаре.

4.2.2 Сетки, используемые в математическом моделировании атмосферных процессов.

Регулярные и нерегулярные сетки. Проблема полюсов в глобальных моделях в сферической системе координат. Сетка Курихары. Икосаэдральная сетка. Перекрывающиеся сетки. Инь-Янь сетки. Повёрнутая система координат. Методики повышения порядка точности аппроксимации производных.

4.2.3 Адаптивные сетки

Адаптивные сетки. Методы непрерывной динамической адаптации сеток.

4.2.4 Численное интегрирование и дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы

Дискретизация по вертикали, обеспечивающая наличие инвариантов. Численное интегрирование методом Гаусса. Дифференцирование по вертикали, обеспечивающее наличие инвариантов. 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 гидродинамики атмосферы на различных сетках по вертикали.

4.2.5 Гидростатическое приближение в атмосферных моделях

Волновые процессы, описываемые уравнениями гидродинамики атмосферы. Важность описания волн разных масштабов. Фильтрующие и упрощающие гипотезы гидродинамического моделирования атмосферных процессов. Приближение Буссинеска. Уравнение статики. Интегрирование уравнения статики.

4.2.6 Негидростатические модели

Условия, требующие описания акустических волн в атмосферных моделях. Негидростатическая формулировка уравнений гидродинамики атмосферы. Системы координат, используемые в негидростатических моделях атмосферы. Особенности интегрирования по времени негидростатических моделей атмосферы.

4.2.7. Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики природных процессов. Методы расщепления

Переменные Лагранжа. Уравнения в лагранжевых переменных. Методы определения начальной точки траектории. Методы определения конечной точки

траектории. Явный, неявный и полуявный алгоритмы решения уравнений в лагранжевых переменных. 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 бароклиной негеострофической адиабатической модели атмосферы.

4.2.8. Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов. Методы конечных элементов и объёмов.

Разложение в ряд по базисным функциям. Прямое и обратное преобразования Фурье. Сферические функции. Разложение в ряды по сферическим функциям. Методы усечения рядов по сферическим функциям. Спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов. Основные принципы решения уравнений спектрально-сеточным методом. Применения спектрально сеточного метода для решения прогностических уравнений гидродинамики природных процессов. Основные положения метода конечных элементов. Триангуляция. Базисные функции. Кусочно-линейные функции. Функции – крышки. Решение методом конечных элементов уравнений модели «мелкой воды». Основные понятия метода конечных объёмов. Триангуляция. Базисные функции. Кусочно-линейные функции. Функции – крышки. Решение методом конечных элементов уравнений модели «мелкой воды».

4.2.9 Метод конечных элементов и объёмов

Основные положения метода конечных элементов. Триангуляции области. Базисные функции, используемые в методе конечных элементов. Фinitные функции. Функции-крышки. Минимизация невязки. Получение определяющей системы уравнений. Использование метода конечных элементов для аппроксимации уравнений по вертикали.

4.2.10 Подготовка начальных данных

Влияние ошибок в начальных данных на качество моделирования. Ассимиляция. Вектор состояния. Вектор наблюдений. Оператор наблюдений. Интерполяция. Согласование. Инициализация. Метод Крессмана. Nadjing. Вариационные методы ассимиляции. Фильтр Кальмана.

4.2.11 Параметризация физических процессов

Учёт неадиабатичности в моделировании природных процессов. Влияние неадиабатичности на качество прогноза. Важность учёта неадиабатичности в гидродинамических моделях. Параметризация неадиабатических процессов. Процессы, подлежащие параметризации. Основные положения параметризации процессов. Параметризация фазовых переходов в атмосфере. Параметризация радиационных и турбулентных потоков.

4.2.12 Ансамблевый прогноз

Детерминированные гидродинамические прогнозы. Ансамблевые гидродинамические прогнозы. Типы систем ансамблевого прогноза. Стандартная продукция систем ансамблевого прогнозирования. Создание ансамбля прогнозов. Мультимодельные системы ансамблевого прогнозирования. Введение ошибок в начальные данные. Метод сингулярных векторов. Бридинг метод.

4.2.13. Географические информационные системы (ГИС) в науках о земле. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.

История создания ГИС. Цели и задачи создания ГИС. Основные принципы создания

и работы в ГИС. Задачи, решаемые ГИС. Возможности применения ГИС для эффективного использования знаний о территории при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, оценкой состояния, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества.

4.2.14. Геоинформационные системы IDRISI, ArcGIS, ArcVirw, ГИС METEO.

Основные ГИС, используемые для решения метеорологических задач. Основы работы в ГИС IDRISI Kilimanjaro. Анализ спутниковых снимков в IDRISI Kilimanjaro и ArcView. Анализ синоптических карт в ГИС METEO.

4.3. Практические занятия, их содержание

очная форма обучения				
№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Конечно-разностная аппроксимация производных	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, УК-1
2	2	Сетки, используемые в математическом моделировании атмосферных процессов	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
3	3	Адаптивные сетки	Практические занятия	ОПК-1 ПК-2, УК-1
4	4	Численное интегрирование и дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
5	5	Гидростатическое приближение в атмосферных моделях	Практические занятия	ОПК-1 ПК-6, УК-1
6	6	Негидростатические модели	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, УК-1
7	7	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики природных процессов. Методы расщепления.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
8	8	Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
9	9	Методы конечных элементов и объёмов.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-2, УК-1
10	10	Подготовка начальных данных.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
11	11	Параметризация физических процессов.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-6, УК-1
12	12	Ансамблевый прогноз.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, УК-1
13	13	Геофизические информационные системы (ГИС) в науках о земле. Сферы и уровни	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2

		использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.		ПК-6, УК-1
14	14	Геоинформационные системы IDRISI, ArcGIS, ArcView, ГИС METEO.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1

заочная форма обучения				
№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	8	Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1
2	13	Геофизические информационные системы (ГИС) в науках о земле. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.	Практические занятия	ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-6, УК-1

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. Аспирантам предлагаются вопросы по каждому разделу с последующим их домашним анализом и письменными ответами на следующей лекции.

5.1.2. Решение задач по разделам. Аспирантам предлагаются задачи для домашнего решения и последующей проверки.

5.1.3. Беседа с аспирантами (коллоквиум) перед выполнением каждой практической работой.

5.1.4. Прием и проверка отчета по каждой практической работой.

5.1.5. Аспирантам 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. Чем определяется разрешение модели при использовании спектральных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы?
3. Какие требования предъявляются к численным схемам?
4. Что такое аппроксимация?
5. Дать понятие гидростатической модели атмосферы?
6. Как определяется порядок аппроксимации конечно-разностной схемы?
7. В чём суть ансамблевого прогноза?
8. Какие процессы параметризуются в гидродинамических атмосферных моделях??
9. Как рассчитываются коэффициенты разложения в ряд по тригонометрическим функциям?
10. Что такое число Куранта?
11. За что отвечает критерий Куранта-Фридрихса-Леви?

12. Сформулируйте теорему Лакса?
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 полулагранжев подход к описанию адвекции?
17. Что такое вычислительная вязкость?
18. К чему приводит ошибка ложного представления?
19. Какие функции могут быть использованы в качестве базисных?

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 №1 «Конечно-разностная аппроксимация производных»

1. Что такое схема интегрирования по времени?
2. Для чего и когда используется схема интегрирования по времени?
3. Какие принципы классификации схем интегрирования по времени Вам известны?
4. Напишите линейное уравнение адвекции.
5. Аппроксимируйте линейное уравнение адвекции явной схемой.
6. Аппроксимируйте линейное уравнение адвекции неявной схемой.
7. В чём достоинства и недостатки явных (неявных) схем?
8. Поясните алгоритм использования схем интегрирования по времени для решения прогностических уравнений.
9. Какие внешние условия необходимы для решения линейного уравнения адвекции при помощи явной двухуровневой трёхточечной схемы?
10. В чём отличие с точки зрения алгоритма решения трёхуровневой схемы от двухуровневой схемы?
11. Что значит «поставить начальные условия»?
12. Что значит «поставить граничные условия»?
13. Какие виды граничных условий Вам известны?
14. как проявляется при решении вычислительная мода?
15. По какому критерию определяют размер шага по времени?
16. Что надо знать, чтобы рассчитать количество шагов по времени?
17. В какой ситуации нет необходимости в постановке граничных условий?
18. Как можно контролировать вычислительную неустойчивость?
19. Как ведёт себя решение при использовании неустойчивой схемы?

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 аспирант обязан самостоятельно прорабатывать материал, необходимый для выполнения практических работ, для чего рекомендуется использовать учебники и консультации у преподавателя.

Студенты заочной формы обучения выполняют практические задания, пользуясь учебниками.

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

5.3. Промежуточный контроль – зачет.

Вопросы к зачету

- 1.Метод сеток: основные положения.
- 2.Конечно-разностные аналоги производных.
- 3.Ошибка аппроксимации производных.
- 4.Порядок точности аппроксимации производных.
- 5.Вычислительная вязкость.
- 6.Согласованность конечно-разностных схем.
- 7.Повышение порядка точности аппроксимации.
- 8.Линейное уравнение адвекции: принципиальная схема прогноза.
- 9.Явные и неявные схемы.
10. Двухуровневые и трёхуровневые схемы интегрирования по времени.
11. Одношаговые и многошаговые схемы интегрирования.
12. Принципиальная схема прогноза по явной схеме интегрирования.
13. Принципиальная схема прогноза по неявной схеме интегрирования.
14. Решение линейного уравнения адвекции аппроксимированного неявной схемой методом итераций.
15. Вычислительные моды.
16. Физические и вычислительные начальные условия.
17. Устойчивость конечно-разностных схем интегрирования.
18. Анализ устойчивости двухуровневых схем методом Неймана.
19. Анализ устойчивости трехуровневых схем.
20. Анализ устойчивости неявных схем.
21. Сравнительный анализ устойчивости схем с использованием центральных и направленных разностей.
22. Сравнительный анализ устойчивости явных и неявных схем интегрирования.
23. Анализ устойчивости двухшаговых схем.
24. Фазовая и групповая скорости. Вычислительная дисперсия.
25. Уравнение колебания. Аппроксимация различными конечно-разностными схемами.
26. Уравнение колебания. Анализ устойчивости методом Неймана.

27. Уравнение колебания. Анализ изменения фазы колебания.
28. Нелинейная вычислительная неустойчивость.
29. Адаптивные сетки. Основные положения.
30. Адаптивные сетки. Генератор сетки.
31. Методы численного интегрирования, используемые при решении уравнений гидродинамики атмосферы.
32. Методы учёта топографии в гидродинамических моделях атмосферы.
33. Особенности использования гидростатического приближения в современных гидродинамических моделях атмосферы.
34. Полулагранжев подход к описанию адвекции.
35. Ланранжев подход к описанию адвекции и его использование в гидродинамических моделях атмосферы.
36. Основные положения спектрального подхода к решению уравнений гидродинамики атмосферы.
37. Использование рядов в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.
38. Специальные функции, используемые при гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.
39. Подготовка начальных данных для гидродинамических моделей.
40. Ассимиляция результатов наблюдений.
41. Объективный анализ полей метеорологических величин.
42. Ансамблевый прогноз в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.
43. Методы создания ансамблей в гидродинамическом моделировании.
44. Обработка информации ансамблевого прогноза.
45. Геофизические информационные системы (ГИС) в науках о земле.
46. Сферы и уровни использования ГИС.
47. Геоинформационные системы ресурсного типа.
48. Геоинформационные системы IDRISI.
49. Геоинформационные системы ArcGIS.
50. Геоинформационные системы ArcView.
51. Геоинформационные системы ГИС METEO.

Образец тестов к зачету
(правильный ответ подчеркнут)

- 1) Анализ устойчивости конечно разностных схем производится по методу
 - a) Аракавы
 - b) Неймана
 - c) Тейлора
 - d) Эйлера
- 2) Прогноз по баротропной негестрофической модели дается для
 - a) изобарического уровня 500 гПа
 - b) уровня 2 м над уровнем моря
 - c) ко всей атмосфере
 - d) по желанию пользователя
- 3) Метод расщепления используется
 - a) для облегчения вычислений
 - b) для повышения порядка точности
 - c) для лучшего выбора схемы интегрирования
 - d) для экономии вычислительных ресурсов

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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.
2. Dale R. Durran Numerical Methods for Fluid Dynamics: with Applications in Geophysics Springer, 2010. — 533 p.

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/img-090589.pdf
2. Белов Н.П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
3. Репинская Р.П., Анискина О.Г. Анализ и прогноз погоды для авиации. – СПб.: РГТМИ, 2001
4. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1977.
5. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.

в) рекомендуемые интернет-ресурсы.

1. Электронно-библиотечная система Znanium <http://znanium.com>
2. Электронный ресурс: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction>
3. Электронный ресурс: http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp
4. Электронный ресурс: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>
5. Электронный ресурс: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>
6. Электронный ресурс: <http://meteoinfo.ru/sm-forc-maps>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия (темы №1-14)	<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>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>

Подготовка к зачету При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты практических занятий, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачёту и т.д.

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	<u>информационные технологии</u> 1. проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций, 2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 3. работа с профессиональными базами <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения 3. использование баз данных	1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 2. Электронно-библиотечная система Znanium http://znanium.com . 3. Язык программирования Fortran-90 4. система анализа и представления данных GRADS 5. Электронно-библиотечная система eLibrary 6. База данных Web of Science 7. База данных Scopus

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

- 1. Учебная аудитория 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
- 2. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
- 3. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
- 4. 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.