

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью изучения дисциплины «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*» является получение знаний в объёме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей природных процессов, физико-статистических и синоптических методов прогнозирования состояния атмосфер.

Практическое владение методами численного моделирования атмосферных процессов в рамках данного курса предполагает наличие таких умений в различных видах научной работы, которые дают возможность:

– создавать гидродинамические модели атмосферных процессов и грамотного использования результатов моделирования;

– владеть методическим аппаратом физико-статистического и синоптического прогнозирования состояния атмосферы на основе интерпретации результатов численного моделирования атмосферных процессов при решении задач метеорологического обеспечения полетов воздушных судов.

– осуществлять поиск научной информации с использованием информационно-коммуникационных технологий.

В задачи освоения дисциплины «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*» в рамках программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (программ аспирантуры) входят:

– изучение физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы;

– изучение и освоение состояния, основных проблем, современных тенденций и перспектив развития современных методов и технологий, используемых для краткосрочного и среднесрочного прогноза погоды;

– приобретение практических навыков выбора и использования результатов применения современных методов и технологий прогноза погоды, оценки качества результатов прогнозирования.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности по направлению подготовки «Науки об атмосфере и климате».

2 Место дисциплины в структуре программ аспирантуры

Дисциплина базируется на знаниях обучающихся, полученных ими в рамках высшего образования.

Дисциплина изучается на 2 курсе в третьем семестре.

3 Планируемые результаты изучения дисциплины

➤ *Знать:*

- физические основы возникновения и развития атмосферных процессов;
- основные физические характеристики метеорологических явлений;
- основные принципы и методы численного анализа и компьютерного моделирования;
- основы программирования на компилируемых и «скриптовых» языках;
- общее устройство и приемы проведения расчетов и распараллеливания вычислений на многопроцессорных системах;
- основные принципы построения систем автоматизированного прогноза метеорологических явлений различных пространственных и временных масштабов.

➤ *Уметь:*

- получать необходимую информацию из открытых интернет-источников;
- готовить входные данные для проведения численного прогнозирования с помощью мезомасштабной гидродинамической модели атмосферы WRF;
- оценивать информацию, получаемую в результате проведенных расчетов, производить ее первичную обработку;
- использовать полученные данные при анализе физических процессов и явлений, происходящих в атмосфере.

➤ *Владеть:*

- навыками интерпретации результатов численного моделирования атмосферных процессов;
- навыками и методами применения информации, полученной с помощью численного моделирования атмосферных процессов в научно-исследовательской и практической деятельности.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Образовательный компонент	72	72
Контактная работа, всего <i>в том числе:</i>	24	24

Наименование	Всего часов	Семестр 3
лекции	12	12
практические занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающегося	48	48
<i>Промежуточная аттестация</i>	36	36
контактная работа	0,3	0,3
контроль	8,7	8,7
самостоятельная работа по подготовке к промежуточной аттестации	27	27

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, в течение семестра. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи опроса, дискуссии или практического задания в завершении изучения каждого раздела (темы). Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

- семестр 3 – зачет.

5 Содержание дисциплины

Сокращения:

Л – лекция

ПЗ – практическое занятие

СР – самостоятельная работа обучающегося

О – отчет о выполнении заданий практических занятий

ОК – образовательный компонент

ПА – промежуточная аттестация

5.1 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л, часы	ПЗ, часы	СР, часы		Всего часов
			ОК	ПА	
<i>Семестр 3</i>					
Тема 1. Система уравнений гидротермодинамики атмосферы	1		6	3	10

Наименование темы дисциплины	Л, часы	ПЗ, часы	СР, часы		Всего часов
			ОК	ПА	
<i>Семестр 3</i>					
Тема 2. Информация, необходимая для различных схем прогноза, и методы ее численного анализа	1	2	6	4	13
Тема 3. Методы численного решения системы уравнений гидродинамической модели атмосферы	2	2	6	4	14
Тема 4. Глобальные прогностические системы	2	2	6	4	14
Тема 5. Системы краткосрочного прогнозирования на ограниченных территориях	2		6	4	12
Тема 6. Негидростатические модели атмосферы мезомасштаба	2	4	10	4	20
Тема 7. Методы статистической интерпретации численных прогнозов погоды	2	2	8	4	16
Итого по дисциплине	12	12	48	27	99
Промежуточная аттестация	9				
Итого по дисциплине:	108				

5.2 Содержание дисциплины (тематический план)

Тема 1. Система уравнений гидротермодинамики атмосферы

Основные уравнения гидротермодинамики атмосферы. Система уравнений гидротермодинамики для турбулентной атмосферы. Упрощение уравнений гидротермодинамики. Система уравнений гидродинамики атмосферы в различных системах координат. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Постановка задачи математического моделирования динамики атмосферных процессов.

Тема 2. Информация, необходимая для различных схем прогноза, и методы ее численного анализа

Требования, предъявляемые к информации. Система наблюдений за состоянием атмосферы. Первичная обработка информации. Объективный анализ. Методы численного анализа метеорологических полей. Усвоение данных о состоянии атмосферы. Согласование разнородной информации. Усвоение данных в ведущих метеорологических центрах. Вклад разных наблюдательных систем в качество прогнозов погоды. Основные этапы автоматизированной обработки оперативной метеорологической информации.

Тема 3. Методы численного решения системы уравнений гидродинамической модели атмосферы

Построение конечно-разностных аппроксимаций. Повышение порядка точности конечно-разностных аппроксимаций. Качественное исследование численных моделей. Спектрально-разностные задачи гидротермодинамики и малопараметрические модели. Основные вычислительные алгоритмы.

Тема 4. Глобальные прогностические системы

Глобальная оперативная спектральная модель Гидрометцентра России. Моделирование динамики атмосферы. Параметризации физических процессов подсеточного масштаба. Структура модели и организация данных. Инициализация начальных данных. Прогностические технологии Гидрометцентра России, базирующиеся на глобальном численном моделировании. Численный среднесрочный прогноз погоды. Современные глобальные модели среднесрочного прогноза погоды. Краткая характеристика современных глобальных оперативных моделей прогноза погоды. Глобальная гидродинамическая полулагранжева модель прогноза погоды ПЛАВ 2005 (в версии с постоянным разрешением).

Тема 5. Системы краткосрочного прогнозирования на ограниченных территориях

Основные сведения о региональных моделях. Региональная гидродинамическая модель Гидрометцентра России (Лосев В.М., 2008).

Тема 6. Негидростатические модели атмосферы мезомасштаба

Основные сведения о мезомоделях. Мезомасштабная модель международного консорциума - COSMO, мезомасштабная модель исследования и прогнозирования погоды США - WRF. Негидростатическая модель прогноза погоды Гидрометцентра России. Входные и выходные данные мезомodelей. Подготовка выходной продукции. Сравнительная оценка успешности прогнозов элементов погоды на основе некоторых мезомodelей атмосферы.

Тема 7. Методы статистической интерпретации численных прогнозов погоды

Система статистической интерпретации результатов ГДМА. Общая схема прогностического алгоритма. Численные статистические модели, используемые при прогнозе. Программная реализация прогностического алгоритма РЭП и организация оперативных расчетов.

5.3 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Содержание практических занятий	Трудо-емкость (часы)
-----------------------	---------------------------------	----------------------

Номер темы дисциплины	Содержание практических занятий	Трудоемкость (часы)
<i>Семестр 3</i>		
2	Практическое занятие по теме 2. Интерполяция метеорологических полей.	2
3	Практическое занятие по теме 3. Построение конечно-разностных формул для дифференциальных характеристик	2
4	Практическое занятие по теме 4. Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	2
6	Практическое занятие по теме 6. Разработка прогноза атмосферных процессов на 36 ч по выбранной области с помощью мезомасштабной модели WRF-ARW	2
6	Практическое занятие по теме 6. Визуализация результатов прогнозирования средствами GRADS и NCL	2
7	Практическое занятие по теме 7. Метод прогноза минимальной и максимальной температуры воздуха по дням до 7 суток по всей территории России	2
Всего по дисциплине		12

В рамках практических занятий и самостоятельной работы обучающиеся формируют письменный отчет с ответами на задания по темам дисциплины, результаты которого поэтапно защищают на практических занятиях.

5.4 Самостоятельная работа обучающихся

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
Образовательный компонент		
1	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме 1 [6.1.1, 6.1.2, 6.1.4, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3].	6
2	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме 2 [6.1.5, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для выполнения задания к практическому занятию	6
3	1. Проработка и конспектирование учебного и	6

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	научного материала по теме 3 [6.1.5, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для выполнения задания к практическому занятию	
4	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме 4 [6.1.1, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.5]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для выполнения задания к практическому занятию	6
5	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме 5 [6.1.1, 6.1.3]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для выполнения задания к практическому занятию	6
6	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме [6.2.3, 6.2.4, 6.2.6]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для выполнения задания к практическому занятию	10
7	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме [6.1.2, 6.1.3, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4].	8
<i>Итого:</i>		48
Промежуточная аттестация		
1	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	3
2	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
3	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
4	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
5	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
6	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
7	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	4
<i>Итого:</i>		27
Всего по дисциплине		75

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор, место издания, издательство, год	Ссылка на электронный доступ
6.1.1	Динамика атмосферы: Учебник.	Клемин В.В., Кулешов Ю.В., Суворов С.С., Волконский Ю.Н. Спб.: Наука, 2013. – 421с.	Электронные ресурсы кафедры № 10
6.1.2	Численные методы прогноза погоды / Учебник	П.Н. Белов, Е.П. Борисенков, Б.Д. Панин. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 376 с.	Электронные ресурсы кафедры № 10
6.1.3	Фильтрованные прогностические модели и способы исследования вычислительной устойчивости разностных схем. Учебное пособие	Репинская Р.П. СПб.: изд-во РГГМУ, 1992. – 105 с.	Электронные ресурсы кафедры № 10
6.1.4	Численные схемы, используемые в атмосферных моделях	Мезингер Ф., Аранова А. /- СПб.: Гидрометеиздат, 1999 – 136с.	электронные ресурсы кафедры № 10
6.1.5	Спектральные модели общей циркуляции атмосферы и численного прогноза погоды.	Машкович С.А./ СПб.: Гидрометеиздат, 1999. – 273с.	электронные ресурсы кафедры № 10

6.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор, место издания, издательство, год	Ссылка на электронный доступ
6.2.1	Прогнозирование метеорологических условий для	Шакина Н.П., Иванова А. Р. - М. : Триада, 2016. –	электронные ресурсы кафедры № 10

	авиации: Научно-методическое пособие для вузов.	312 с.	
6.2.2	Будак, Б.М. Сборник задач по математической физике: учебное пособие	Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2004. — 688 с.	URL: https://samarskii.ru/books/book1980.pdf
6.2.3	Мезомасштабная модель COSMO-RU2 и результаты ее оперативных испытаний	Г.С. Ривин, И.А. Розинкина, А.Н. Багров, Д.В. Блинов, А.А. Кирсанов, Е.В. Кузьмина, М.В. Шатунова, М.М. Чумаков, Д.Ю. Алферов, А.Ю. Бундель, М.Ю. Зайченко, М.А. Никитин-изд-во: Гидрометеиздат., город: Ленинград., 1968. – 776 с.	URL: https://method.meteorf.ru/publ/sb/sb44/rivin.pdf
6.2.4	Авиационные прогнозы погоды. — Учебное пособие	Богаткин О. Г. – 2-е изд., стереотипное. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 288 с.	URL: http://files.fip.rshu.ru/Новый_каталог/2/doc/Богаткин_О.Г._- _Авиационные_прогнозы_погоды_- 2010.pdf
6.2.5	Статистические методы долгосрочного прогноза погоды: учеб.-метод. пособие	Мирсаева Н.А. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 21 с.	URL: https://kpfu.ru/staff_files/F946644051/DMP_UMP.pdf
6.2.6	Численные прогнозы погоды по негидростатическим моделям общего пользования WRF-ARW и WRF-	Н.Ф. Вельтищев, В.Д. Жупанов / 80 лет Гидрометцентру: сборник статей. М-во природных ресурсов и экологии	URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27625280_22562539.pdf

	NMM	<p>Российской Федерации, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гидрометеорологический науч.-исслед. центр Российской Федерации; Р.М. Вильфанд (отв. редактор). Москва, 2010 Издательство: Триада, ЛТД</p>	
--	-----	---	--

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем (при наличии)

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных/информационной справочной системы	Ссылка на информационный ресурс
6.3.1	Высшая аттестационная комиссия	URL: http://vak.ed.gov.ru/
6.3.2	КонсультантПлюс. Официальный сайт компании	URL: http://www.consultant.ru/
6.3.3	Российская государственная библиотека	URL: https://www.rsl.ru/
6.3.4	Российская национальная библиотека	URL: http://nlr.ru/
6.3.5	Библиотека Академии наук	URL: http://www.rasl.ru/
6.3.6	Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»	URL: http://elibrary.ru
6.3.7	Электронная библиотека «ЮРАЙТ»	URL: https://biblio-online.ru

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных/информационной справочной системы	Ссылка на информационный ресурс
6.3.8	Официальный сервис публикации научных статей в базе данных Scopus	URL: http://www.scopus.su/?yclid=3951429372313358209
6.3.9	Официальный сервис публикации научных статей в базе данных WoS(ESCI)	URL: http://info.clarivate.com/rcis

6.4 Программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

№ п/п	Наименование программного продукта	Тип продукта (полная лицензионная версия, учебная версия, распространяется свободно)
6.4.1	Оперативное управление Microsoft Windows XP professional	лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года
6.4.2	Microsoft Windows Office 2003 Suite	лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года;
6.4.3	Foxit reader	Freeware
6.4.4	Paint.Net ver 3.5.10	Freeware
6.4.5	Acrobat professional 9 Windows International	
6.4.6	Kasperskiy Anti-Virus Suite для WKS и FS	

7 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения образовательного процесса материально-техническими ресурсами используется аудитория № 279, оборудованная МОК (мультимедийный обучающий комплекс) – компьютер, проектор, интерактивная доска.

Материалы INTERNET, мультимедийные курсы, оформленные с помощью Microsoft Power Point, используются при проведении лекционных и практических занятий.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Аудитория № 279	Комплект учебной мебели: парты и стулья (местимост: 24 посадочных места). МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор, интерактивная доска
Аудитория № 262	Комплект учебной мебели (столы, стулья, доска). МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор. Вместимост: 24 посадочных мест
Помещения для самостоятельной работы	
Аудитория № 266	Комплект учебной мебели; рабочие места в составе (ПК, монитор, клавиатура, мышь). Вместимост: 7 посадочных мест
Читальный зал библиотеки с выходом в интернет	Комплект учебной мебели (столы, стулья, доска); рабочие места в составе (ПК, монитор, клавиатура, мышь)

8 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Методы численного моделирования атмосферных процессов» используются следующие образовательные технологии: входной контроль, лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематически последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины. В лекции делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу. По дисциплине планируется проведение информационных лекций, которые направлены на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний в предметной области дисциплины. Ведущим методом в лекции выступает устное изложение преподавателем учебного материала, которое сочетается с использованием среды PowerPoint, Word, Excel с целью расширения образовательного информационного поля, повышения скорости обработки и передачи информации, обеспечения удобства преобразования и структурирования информации для трансформации ее в знание.

Практические занятия – это метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у обучающихся умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы. Практические занятия, как образовательная технология, помогают обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера. На практических занятиях по дисциплине происходит обучение умениям и навыкам, закрепляя полученные в ходе лекций и самостоятельной работы знания.

Таким образом, практические занятия по дисциплине являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практические занятия по дисциплине подкрепляются самостоятельной учебно-исследовательской работой обучающихся и ставят цель систематизировать, закрепить и углубить теоретические и практические знания, умения и навыки по профилю подготовки с целью их применения для решения профессиональных задач.

Практические занятия по дисциплине являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа обучающихся реализуется в систематизации, планировании, контроле и регулировании его учебно-профессиональной деятельности, а также в активизации собственных познавательно-мыслительных действий без непосредственной помощи и руководства со стороны преподавателя. Основной целью самостоятельной работы является формирование навыка самостоятельного приобретения им знаний по некоторым несложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков во время лекций и практических занятий. Самостоятельная работа подразумевает выполнение обучающимися работы по поиску и анализу информации, проработку на этой основе учебного материала, подготовку к устному опросу, тестированию, а также сбор, обработку материалов для выполнения заданий к практическим занятиям.

Контактная работа с обучающимися также может включать интерактивные формы образовательных технологий. В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие информационные технологии: электронные ресурсы, технологии Internet, электронная почта, издательские системы (Microsoft Word), электронные таблицы (Microsoft Excel), технологии мультимедиа (PowerPoint) и другие.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам

освоения дисциплины

9.1 Содержание фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний обучающихся по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме зачета в первом семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает устный опрос и контроль выполнения заданий (коллоквиум, доклад).

Текущий контроль успеваемости по дисциплине обеспечивает проведение проверки обучающихся на предмет освоения пройденного материала.

Промежуточная аттестация в первом семестре в форме зачета позволяет оценить уровень освоения обучающимися программы дисциплины за отчетный период ее изучения. Промежуточная аттестация предполагает сдачу отчетов к практическим занятиям в письменном виде и устный ответ на два теоретических вопроса.

Методика формирования результирующей оценки в обязательном порядке учитывает активность обучающихся на лекциях и практических занятиях, их участие в конференциях и подготовку ими публикаций.

9.2 Контрольные вопросы для проведения текущего контроля знаний (устного опроса)

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?

9.3 Примерный перечень тем рефератов для представления докладов

1. Мировые метеорологические центры.
2. Глобальная система телесвязи.
3. Современные средства получения гидрометеорологических данных.
4. Использование спутниковой информации.
5. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли.
6. Спектральная модель Гидрометцентра России.
7. Мезомасштабные модели атмосферы.
8. Мезомасштабная модель международного консорциума COSMO.
9. Мезомасштабная прогностическая гидродинамическая модель атмосферы WRF.
10. Схемы усвоения данных в мезомасштабных ГДМА.
11. Интерпретация результатов гидродинамического прогнозирования.
12. Использование результатов ГДМА при составлении авиационных прогнозов.

9.4 Примерный перечень контрольных вопросов промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Современное состояние теории и практики анализа и прогноза погоды.
2. Физические основы численного моделирования погоды и климата. Общая характеристика типов применяемых моделей.
3. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов.
4. Связь между пространственными и временными масштабами при выборе моделей различных типов.
5. Современные глобальные модели анализа и прогноза атмосферных процессов.
6. Региональные модели краткосрочного и среднесрочного прогноза погодных явлений.
7. Проблемы долгосрочного прогноза погоды. Обобщенные модели процессов атмосферы и океана.
8. Моделирование атмосферных процессов среднего масштаба. Основные принципы разработки детерминистических моделей погоды.
9. Классификация и общая характеристика атмосферных процессов среднего (мезо) и малого (микро) масштабов. Связь пространственных и временных масштабов погодных явлений.
10. Использование данных глобальных моделей в качестве начальных и граничных условий мезомасштабных моделей. Система GFS, форматы данных, работа с архивом.

11. Микрофизические процессы. Понятие процессов и явлений, «подсеточных» для основного (мезо) масштаба.

12. Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных процессов WRF.

13. Математическая модель атмосферы и земной поверхности в системе WRF. Понятие рабочего домена. Вертикальная координата.

14. Картографические проекции в системе WRF. Принципы их использования.

15. Понятие сплошной среды. Физическая и математическая модели сплошной среды. Атмосфера как сплошная среда.

16. Система уравнений мезомасштабной модели WRF (Общая характеристика).

17. Уравнения динамики атмосферы.

18. Переменные Лагранжа и Эйлера.

19. Силы, действующие в атмосфере.

20. Уравнение непрерывности.

21. Уравнение состояния атмосферного воздуха.

22. Фазовые переходы и состояния воды в атмосфере.

23. Радиационные процессы в атмосфере и на подстилающей поверхности

24. Структура и рабочие модули системы WRF (Общая характеристика)

25. Методика проведения расчетов в системе WRF. Форматы данных.

26. Основные принципы выбора рабочего домена. Выбор пространственного и временного масштабов расчета.

27. Программы «пре-процессной» подготовки данных расчета (система WPS). Промежуточные файлы обмена данных между модулями системы WRF.

28. Приемы работы с файлом namelist.wps.

29. Файл geog. Работа программы geogrid.exe.

30. Работа с архивными файлами системы GFS. Программа ungrib.exe.

31. Работа программы metgrid.exe.

32. Методика проведения расчета в системе WRF (Общие положения).

33. Управление параметрами расчета. Работа с файлом namelist.input.

34. Виды микрофизических моделей, применяемых в системе WRF.

35. Основные правила использования микрофизик.

36. Микрофизики облачности

37. Микрофизики осадков

38. Микрофизики радиационных процессов

39. Микрофизики приповерхностного слоя атмосферы. Конвективные процессы.

40. Микрофизики почвенного слоя

41. Понятие о начальных и граничных условиях расчета. Работа с программой real.exe.

42. Файлы протоколирования и контроля.

43. Распараллеливание процессов вычисления (Общая характеристика).

44. Визуализация результатов численного моделирования в системе WRF.

45. Формат результирующих файлов. Общая характеристика формата netCDF.
46. Визуализация помощью командного процессора ncl.
47. Основные стандартные сценарии ncl.
48. Диагностические сценарии ncl.
49. Визуализация помощью командного процессора GRADS.

9.5 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля освоения дисциплины

1. Получить конечно-разностное выражение оператора Лапласа для квадратной сетки с шагом h .
2. Освоить формирование input-файлов с помощью WRF Domain Wizard.
3. Ознакомиться с возможностями визуализации выходных файлов WRF.

9.6 Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

Зачет

«Зачтено» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по дисциплине «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*».

«Не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*».

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины «*Методы численного моделирования атмосферных процессов*», обучающимся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Обучающимся следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от его активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. В этом процессе важное значение имеет самостоятельная работа, направленная на его вовлечение в самостоятельную познавательную деятельность с целью формирования самостоятельности мышления, способностей к профессиональному саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации в современных условиях социально-экономического развития.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические занятия. В ходе лекции преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия, а также соответствующие теоретические

и практические проблемы, дает задания и рекомендации для практических занятий, а также указания по выполнению обучающимся самостоятельной работы.

Задачами лекции являются:

- ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой дисциплины, ее прикладным значением для развития бизнеса;
- краткое, но по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, принципов, методов данной дисциплины;
- краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Принципиально неверным, но получившим в наше время достаточно широкое распространение, является отношение к лекции как к «диктанту», который обучающийся может аккуратно и дословно записать. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста.

Полезно применять какую-либо удобную систему сокращений и условных обозначений. Применение такой системы поможет значительно ускорить процесс записи лекции. Конспект лекции предпочтительно писать в одной тетради, а не на отдельных листках, которые потом могут затеряться. Рекомендуется в конспекте лекций оставлять свободные места или поля, например, для того, чтобы была возможность записи необходимой информации при работе над материалами лекций.

При ведении конспекта лекции необходимо четко фиксировать рубрикацию материала – разграничение разделов, тем, вопросов, параграфов и т. п. Обязательно следует делать специальные пометки, например, в случаях, когда какое-либо определение, положение, вывод остались неясными, сомнительными. Иногда обучающийся не успевает записать важную информацию в конспект. Тогда необходимо сделать соответствующие пометки в тексте, чтобы не забыть, восполнить эту информацию в дальнейшем.

Качественно сделанный конспект лекций поможет обучающемуся в процессе самостоятельной работы и при подготовке к сдаче зачета с оценкой.

Практические занятия по дисциплине *«Методы численного моделирования атмосферных процессов»* проводятся в соответствии с их тематическим планом.

Цели практических занятий:

- закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы;
- приобрести начальные практические умения и навыки речевых коммуникаций на иностранном языке.

Темы практических занятий заранее сообщаются обучающимся для того, чтобы они имели возможность подготовиться и проработать соответствующие теоретические вопросы дисциплины. В начале каждого практического занятия преподаватель: кратко доводит до обучающихся цели и задачи занятия, обращая их внимание на наиболее сложные вопросы по изучаемой теме; проводит устный опрос обучающихся, в ходе которого также обсуждаются дискуссионные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся представляют самостоятельно подготовленные сообщения, в том числе в виде презентаций, которые выполняются в MS PowerPoint, конспектируют новую информацию и обсуждают эти сообщения, выполняют задания по теме.

В современных условиях перед обучающимися стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения. Обучающимся необходимо научиться управлять своей исследовательской и познавательной деятельностью в системе «информация – знание – информация». Прежде всего, для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно. Принято считать, что такой метод обучения должен способствовать творческому овладению обучающимися специальными знаниями и навыками.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает в себя:

- самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала;
- подготовку к тестированию;
- иные виды в соответствии с планом освоения дисциплины.

Систематичность занятий предполагает равномерное распределение объема работы в течение всего предусмотренного учебным планом срока овладения дисциплиной. Такой подход позволяет избежать дефицита времени, перегрузок, спешки и т. п. в завершающий период изучения дисциплины. Последовательность работы означает преемственность и логику в овладении знаниями по дисциплине. Данный принцип изначально заложен в учебном плане при определении очередности изучения дисциплин. Аналогичный подход применяется при определении последовательности в изучении тем дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №951 от 20.10.2021, программами аспирантуры по научным специальностям, разработанными и утвержденными Университетом.

Разработчики:

к.т.н. Моисеева Н.О.



(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Заведующий кафедрой №10 Авиационная метеорология и экология

к.т.н., профессор, Белоусова Л.Ю.



(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель образовательной программы

к.г.н., профессор



(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Белоусова Л.Ю.

Начальник управления аспирантуры и докторантуры

д.э.н., профессор



(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Байдукова Н.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета 21.06.2023, протокол № 9.