



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и цифровизации

/ Г.А. Костин

« 22 » июня 2022 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ И
СИНОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ
ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ РАЗЛИЧНОЙ
ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТИ, ВКЛЮЧАЯ
СВЕРХКРАТКОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ**

Наименование научной специальности

1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения

Очная

Санкт-Петербург
2022

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью изучения дисциплины *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»* является получение знаний в объеме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей природных процессов, физико-статистических и синоптических методов прогнозирования состояния атмосфер.

Практическое владение методами, моделями и технологиями прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности в рамках данного курса предполагает наличие таких умений в различных видах научной работы, которые дают возможность:

- использовать теоретические основы методического аппарата гидродинамического, физико-статистического и синоптического прогнозирования состояния атмосферы при решении задач метеорологического обеспечения полетов воздушных судов;

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

- владеть методическим аппаратом физико-статистического и синоптического прогнозирования состояния атмосферы при решении задач метеорологического обеспечения полетов воздушных судов.

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

В задачи освоения дисциплины *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»* 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:

- основные научные проблемы в области изучения атмосферных процессов;
- структуру и порядок проведения научного исследования по научной специальности «Науки об атмосфере и климате»;
- требования к кандидатским диссертациям по географическим наукам, ее различие между другими результатами научной деятельности;
- средства и методы получения фактической и прогностической метеорологической информации, особенности современных информационных технологий;
- технологии моделирования атмосферных процессов.

➤ Уметь:

- осуществлять поиск научной информации с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- самостоятельно осуществлять сбор метеорологической и экологической информации, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки теоретических и экспериментальных исследований;
- осмысливать требования к структуре научного исследования в области авиационной метеорологии и экологии;
- находить и обрабатывать необходимые данные о состоянии атмосферы и окружающей среды из разных источников.

➤ Владеть:

- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- современными методами сбора, обработки, анализа и обобщения метеорологической и экологической информации;
- навыками обработки статистических данных о состоянии атмосферы и окружающей среды;
- навыками анализа результатов численного моделирования атмосферных процессов.

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
<i>Образовательный компонент</i>	<i>72</i>	<i>72</i>
Контактная работа, всего <i>в том числе:</i>	24	24
лекции	12	12
практические занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающегося	48	48
<i>Промежуточная аттестация</i>	<i>36</i>	<i>36</i>
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. Теоретические основы численного моделирования атмосферных процессов и прогнозирования метеорологических полей с использованием гидродинамических моделей.	1		4	2	7
Тема 2. Конечно-разностная аппроксимация производных. Численное интегрирование и дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.	1	2	4	2	9
Тема 3. Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики природных процессов. Методы расщепления.	1	2	4	2	9
Тема 4. Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов. Методы конечных элементов и объёмов.	1	2	4	3	10
Тема 5. Квазигеострофические модели. Квазисоленоидальные модели.	1	2	4	3	10
Тема 6. Оперативные прогностические модели атмосферы.	1	2	4	3	10
Тема 7. Подготовка начальных данных для численных прогнозов погоды. Вычислительные методы и технологии систем усвоения данных наблюдений.	1		4	2	7
Тема 8. Физико-статистические методы прогнозирования состояния атмосферы.	1		4	2	7
Тема 9. Синоптический метод получения прогностической информации. Прогноз синоптического положения.	1	2	4	2	9
Тема 10. Синоптико-статистический метод прогнозирования состояния атмосферы.	1		4	2	7
Тема 11. Географические информационные системы (ГИС) в Науках об атмосфере и климате. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.	1		4	2	7

Наименование темы дисциплины	Л, часы	ПЗ, часы	СР, часы		Всего часов
			ОК	ПА	
<i>Семестр 3</i>					
Тема 12. Геоинформационные системы ГИС МЕТЕО, ГИС «МЕТЕО-ДВ», ГИС «Метео-Сибирь».	1		4	2	7
Итого по дисциплине	12	12	48	27	99
Промежуточная аттестация	9				
Итого по дисциплине:	108				

5.2 Содержание дисциплины (тематический план)

Тема 1. Теоретические основы численного моделирования атмосферных процессов и прогнозирования метеорологических полей с использованием гидродинамических моделей.

Гидродинамические модели. Классификация гидродинамических моделей. Основные уравнения гидротермодинамики. Система уравнений гидродинамики атмосферы в различных системах координат. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Структура глобальных, региональных и мезомасштабных систем моделирования гидрометеорологических процессов.

Тема 2. Конечно-разностная аппроксимация производных. Численное интегрирование и дифференцирование по вертикали. Учёт орографии в гидродинамических моделях атмосферы.

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.

Тема 3. 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 10 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.

Тема 4. 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. Основные положения метода конечных элементов. Минимизация невязки. Получение определяющей системы уравнений. Использование метода конечных элементов для аппроксимации уравнений по вертикали. Влияние ошибок в начальных данных на качество моделирования. Ассимиляция. Интерполяция. Согласование. Инициализация. Параметризация физических процессов. Процессы, подлежащие параметризации. Основные положения параметризации процессов. Детерминированные гидродинамические прогнозы. Ансамблевые гидродинамические прогнозы.

Тема 5. Квазигеострофические модели. Квазисоленоидальные модели.

Фильтрованные прогностические модели. Уравнение вихря скорости. Баротропное уравнение вихря. Решение баротропного уравнения вихря скорости. Квазисоленоидальные модели. Уравнение баланса, методы его решения. Аппроксимация поля функции тока рядами по тригонометрическим функциям. Негеострофические модели. Система полных уравнений гидротермодинамики атмосферы. Метод телескопизации. Конечно-разностная аппроксимация уравнений на шахматных сетках.

Тема 6. Оперативные прогностические модели атмосферы.

Оперативная прогностическая модель атмосферы Гидрометцентра. Применение оперативных прогностических моделей атмосферы в службе погоды. Глобальные и полусферные модели, разработанные в нашей стране. Последовательность расчетов.

Тема 7. Подготовка начальных данных для численных прогнозов погоды. Вычислительные методы и технологии систем усвоения данных наблюдений.

Подготовка начальных данных для численных прогнозов погоды. Численный (объективный анализ). Четырёхмерное усвоение ГМИ. Согласование и инициализация данных.

Тема 8. Физико-статистические методы прогнозирования состояния атмосферы.

Регрессионный метод. Метод аналогов. Вероятностный метод. Экстрополяционный метод. Дискриминантный метод.

Тема 9. Синоптический метод получения прогностической информации. Прогноз синоптического положения.

Техника синоптического анализа. Синоптический анализ полей метеорологических элементов. Приземные и высотные карты погоды. Приемы и принципы синоптического анализа. Использование спутниковой информации в прогностической деятельности.

Тема 10. Синоптико-статистический метод прогнозирования состояния атмосферы.

Основы синоптико-статистического метода прогнозирования состояния атмосферы. Разработка синоптико-статистических способов прогноза метеорологических величин и явлений погоды.

Тема 11. Географические информационные системы (ГИС) в Науках об атмосфере и климате. Сферы и уровни использования ГИС. Геоинформационные системы ресурсного типа.

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

Тема 12. Геоинформационные системы ГИС МЕТЕО, ГИС «МЕТЕО-ДВ», ГИС «Метео-Сибирь».

Основные ГИС, используемые для решения метеорологических задач. Основы работы в ГИС МЕТЕО. Анализ синоптических карт в ГИС МЕТЕО. Возможности ГИС «МЕТЕО-ДВ», ГИС «Метео-Сибирь».

5.3 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Содержание практических занятий	Трудоемкость (часы)
<i>Семестр 3</i>		
2	Практическое занятие по теме 2. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация конечными разностями геострофического ветра, дивергенции, вихря	2

Номер темы дисциплины	Содержание практических занятий	Трудо-емкость (часы)
	скорости, составляющих деформации по полю геопотенциала.	
3	Практическое занятие по теме 3. Явный, неявный и полунявный алгоритмы решения уравнений в лагранжевых переменных.	2
4	Практическое занятие по теме 4. Спектральные и спектрально-сеточные методы решения уравнений гидродинамики природных процессов.	2
5	Практическое занятие по теме 5. Метод телескопизации. Конечно-разностная аппроксимация уравнений на шахматных сетках.	2
6	Практическое занятие по теме 6. Глобальные, полусферные и региональные модели, разработанные в РФ и зарубежных службах погоды.	2
9	Практическое занятие по теме 9. Анализ синоптической обстановки по картам погоды.	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].	4
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	4
3	1. Проработка и конспектирование учебного и научного материала по теме 3 [6.1.5, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5]. 2. Самостоятельный поиск и анализ информации,	4

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

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
4	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	3
5	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	3
6	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	3
7	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
8	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
9	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
10	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
11	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
12	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	2
<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,	Мезингер Ф.,	электронные ресурсы

№ п/п	Наименование	Автор, место издания, издательство, год	Ссылка на электронный доступ
	используемые в атмосферных моделях	Аранова А. /- СПб.: Гидрометеиздат, 1999 – 136с.	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 авиации: Научно-методическое пособие для вузов.	Шакина Н.П., Иванова А. Р. - М.: Триада, 2016. – 312 с.	электронные ресурсы кафедры № 10
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	Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. Учебное пособие.	Зверев А.С. - изд-во: Гидрометеиздат., город: Ленинград., 1968. – 776 с.	URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090567.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
-------	---	--	---

6.3 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
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 (вместимость: 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. Вместимость: 24 посадочных мест
Помещения для самостоятельной работы	
Аудитория № 266	Комплект учебной мебели; рабочие места в составе (ПК, монитор, клавиатура, мышь). Вместимость: 7 посадочных мест

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
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 *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»* 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 *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»* 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. Интерпретация результатов гидродинамического прогнозирования. Использование результатов ГДМА при составлении авиационных прогнозов.

9.4 Примерный перечень контрольных вопросов промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

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 орографии 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 гидродинамической 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.

9.5 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля освоения дисциплины

1. Найти ошибку аппроксимации производной по пространству конечно-разностными методами и определить согласованность конечно-разностных аналогов
2. Аппроксимировать баротропное уравнение вихря скорости конечными разностями.
3. Аппроксимировать производную функции по пространству конечно-разностным аналогом: назад направленные разности.

9.6 Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

Зачет

«Зачтено» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по дисциплине *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»*.

«Не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»*.

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»*, 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 *«Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы»* 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, разработанным и утвержденным Университетом.

Разработчики:

к.т.н.

 Моисеева Н.О.

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

Заведующий кафедрой №10 Авиационной метеорологии и экологии

к.г.н., профессор

 Белоусова Л.Ю.

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

Программа согласована:

Руководитель образовательной программы

к.г.н., профессор

 Белоусова Л.Ю.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Начальник управления аспирантуры и докторантуры

д.э.н., профессор

 Байдукова Н.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Проректор по науке и цифровизации

д.т.н., доцент

 Костин Г.А.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета Университета 22.06.2022, протокол № 9.