

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.04.03 Основы численных прогнозов погоды

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 Прикладная гидрометеорология

Направленность (профиль):
Авиационная метеорология

Уровень
Бакалавриат

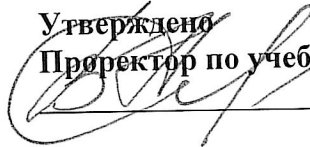
Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 **Ермакова Т.С.**

Утверждено

Проректор по учебной работе


Н.О. Верещагина

Рекомендована решением

Учёного совета метеорологического факультета

30.06.2023 г., протокол №12

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
метеорологических прогнозов

05.05.2023 г., протокол №10

Зав. кафедрой  **Анискина О.Г.**

Автор-разработчик:

к.ф.-м.н. Анискина О.Г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать профессиональную компетентцию, а также необходимый объём знаний, умений и навыков, необходимых для разработки численных прогнозов погоды, а также для использования результатов численного моделирования в оперативной практике и при проведении научных исследований.

Задачи дисциплины:

1. Сформировать знание:
 - современных методов численного решения уравнений гидродинамики атмосферы,
 - теоретических основ построения моделей и использования численных методов для прогноза синоптических процессов,
 - методов решения профессиональных задач с использованием численных методов.
2. Сформировать умение:
 - разрабатывать численные модели атмосферы,
 - разрабатывать алгоритмы и выбирать методы решения уравнений гидродинамики атмосферы численными методами,
3. Сформировать владение
 - навыками разработки численных моделей атмосферы.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы, изучается в 6 семестре для освоения профессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика», «Математика», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Иностранный язык», «Общая метеорология», «Введение в метеорологическую специальность», «Динамическая метеорология», «Компьютерные технологии в профессиональной деятельности», «Статистический анализ метеорологической информации», «Мезомасштабные процессы в атмосфере».

Параллельно в 6 семестре изучаются следующие дисциплины:

«Методы синоптических прогнозов», «Прогнозы для обеспечения авиации», «Физика облаков», «Физика верхних слоёв атмосферы», «Методы зондирования окружающей среды», «Методы зондирования окружающей среды».

Дисциплина «Основы численных прогнозов погоды» является базовой при освоении дисциплин: «Моделирование атмосферных процессов», «Региональные численные модели», «Интерпретация результатов численного моделирования», «Прикладная климатология», «Наукастинг для авиации», «Комплексный анализ метеорологической информации в интересах авиационных пользователей», при прохождении практик, написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

Дисциплина может быть использована при выполнении научно-исследовательской работы, в преддипломной практике, а также при написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-1

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
--------------------------------	--	---------------------

ПК-1. Способен осуществлять прогнозирование метеорологических условий с применением специализированного программного обеспечения, проводить анализ и интерпретацию данных в соответствии с требованиями авиационных нормативных документов в целях обеспечения безопасности полетов.	ПК-1.1. Знает принципы и методы эксплуатации современной техники, а также метеорологического прогнозирования ПК-1.2. Умеет разрабатывать профессиональные метеорологические прогнозы с использованием специализированного программного обеспечения ПК-1.3. Владеет навыками анализа синоптических процессов и разработки прогнозов погоды для авиации, включая использование численных моделей и специализированных программно-аппаратных	Знать: – современные методы численного прогноза погоды; Уметь: – выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения профессиональных задач с использованием численных прогнозов погоды; Владеть: – навыками создание численных моделей атмосферы; – навыками по анализу численных прогнозов погоды.
--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Очная форма обучения	
	Семестр	Итого
	6 семестр	
Зачётные единицы	3	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	46	46
в том числе:	-	-
— лекции	18	18
— занятия семинарского типа	-	-
— практические занятия	-	-
— лабораторные занятия	28	28
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	60,84	60,84
в том числе:	-	-
— курсовая работа	-	-
— контрольная работа	-	-
Контроль:	1,16	1,16
ВСЕГО ЧАСОВ:	108	108
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Виды учебной работы, в том числе самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	СРС			
6 семестр								
1	Введение: Основные понятия численных методов	2	–		0,84	Опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 1	ПК-1	ПК-1-1
2	Метод сеток. Конечно-разностные аналоги производных	4	8		12	Опрос на лекции	ПК-1	ПК-1-1
3	Спектральные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	8		12	Электронное тестирование Moodle (тест № 1), Опрос на лекции	ПК-1	ПК-1-1
4	Метод конечных элементов для решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	–		6	Электронное тестирование в Moodle (тест № 2), Опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 2, 3	ПК-1	ПК-1-1, ПК-1-2 ПК-1-3
5	Метод конечных объёмов для решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	–		6	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 4	ПК-1	ПК-1-1, ПК-1-2 ПК-1-3
6	Схемы интегрирования во времени	4	6		12	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), вопросы на лекции, опрос перед выполнением лабораторной работы № 5	ПК-1	ПК-1-1, ПК-1-2 ПК-1-3
7	Специальные численные	2	6		12	Электронное тестирование в	ПК-1	ПК-1-1, ПК-1-2

	методы решения уравнений гидродинамики атмосферы					Moodle (тест № 5), письменный опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторных работ № 7, 8		ПК-1-3
	ИТОГО	18	28		60, 84			

4.3. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4. Содержание лабораторных занятий

№	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Введение: Основные понятия численных методов	Роль и место дисциплины в освоении метеорологической специальности. Цели и задачи дисциплины. Содержание дисциплины и её связь с другими дисциплинами. Основные направления развития численных методов и их применений в метеорологии. Понятие информации, численных методов.	ПК-1
2	Метод сеток. Конечно-разностные аналоги производных	Метод сеток. Виды сеток. Подсеточные процессы. Аппроксимация. Конечно-разностные аналоги производных. Ошибка аппроксимации. Порядок точности. Вычислительная вязкость. Вычислительная дисперсия. Методы повышения порядка точности производных.	ПК-1
3	Спектральные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	Разложение функции в ряд. Базисные функции и их свойства. Разложение в ряд Фурье. Сферические функции. Усечение бесконечных рядов. Определение оптимального количества коэффициентов разложения. Методы минимизации невязки.	ПК-1
4	Метод конечных элементов для решения уравнений гидродинамики атмосферы	Понятие конечного элемента и финитной функции. Выбор финитной функции. Аппроксимация уравнения с использованием разложения в ряд по финитным функциям.	ПК-1
5	Метод конечных объёмов для решения уравнений гидродинамики атмосферы	Потоковая форма уравнений гидродинамики атмосферы. Бокс-метод. Решение уравнений гидродинамики атмосферы в потоковой форме.	ПК-1
6	Схемы интегрирования во времени	Понятие интегрирования по времени. Явные и неявные схемы. Одношаговые и многошаговые схемы. Двухуровневые и трёхуровневые схемы интегрирования во времени.	ПК-1
7	Специальные численные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	Монотонные схемы. Квазимоноотонные схемы. TVD-схемы. Консервативные схемы. Схемы, сохраняющие интегральные инварианты. Компактные схемы.	ПК-1

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№	№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
1	2	Лабораторная работа № 1 Задание начальных условий для численного прогноза погоды	2	3
2	2	Лабораторная работа № 2 Аппроксимация производных конечно-разностными аналогами и их анализ	2	3
3	2	Лабораторная работа № 3 Анализ ошибки аппроксимации и повышение порядка точности	2	3
4	2	Лабораторная работа № 4 Влияние длины волны на точность аппроксимации	2	3
5	3	Лабораторная работа № 5 Разложение одномерной функции в тригонометрический ряд	2	6
6	3	Лабораторная работа № 6 Влияние максимального волнового числа на ошибку аппроксимации функции рядом	2	6
7	3	Лабораторная работа № 7 Разложение в ряд по сферическим функциям	4	6
8	6	Лабораторная работа № 8 Решение прогностических уравнение методом шагов по времени	2	4
9	6	Лабораторная работа № 9 Сравнительный анализ эффективности явных и неявных схем интегрирования прогностических уравнений	4	8
10	7	Лабораторная работа № 10 Решение прогностического уравнения с использованием монотонной и квазимоноотонной схемы	4	8
11	7	Лабораторная работа № 11 Сравнительный анализ различных схем интегрирования по времени	2	4

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Электронный учебный курс «Основы численных прогнозов погоды» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moodle.rshu.ru/>.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Таблица 6. Учёт успеваемости обучающегося по дисциплине

Учет успеваемости	Количество баллов
– Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр	100
– Максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля:	100
в том числе максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации	30

6.1. Текущий контроль

Задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: **зачет**.

Форма проведения **зачета**: решение профессиональной задачи.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7. Распределение баллов по видам учебной работы — 6 семестр

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
в том числе промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 7.1. Распределение баллов по текущему контролю

№	Вид работ	Min	Max
1. Обязательная часть			
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности знаний		
1.1	Выполнение лабораторных работ	<u>11</u>	<u>40</u>
1.1.1	Лабораторная работа № 1	1	3
1.1.2	Лабораторная работа № 2	1	4
1.1.3	Лабораторная работа № 3	1	4
1.1.4	Лабораторная работа № 4	1	3
1.1.5	Лабораторная работа № 5	1	3
1.1.6	Лабораторная работа № 6	1	3
1.1.7	Лабораторная работа № 7	1	4
1.1.8	Лабораторная работа № 8	1	4
1.1.9	Лабораторная работа № 9	1	4
1.1.10	Лабораторная работа № 10	1	4
1.1.11	Лабораторная работа № 11	1	4
Итого баллов по обязательной части		11	40
2. Вариативная часть			
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	<u>10</u>	<u>25</u>
2.1.1	Тест на тему «Метод сеток»	2	5
2.1.2	Тест на тему «Разложение функции в ряд»	2	5
2.1.3	Тест на тему «Метод конечных элементов и метод конечных объёмов»	2	5
2.1.4	Тест на тему «Схемы интегрирования по времени»	2	5
2.1.5	Тест на тему «Численные методы прогноза погоды»	2	5
2.2	Выполнение индивидуальных заданий		<u>20</u>
2.2.1	Анализ ошибок, связанных с аппроксимацией уравнений конечно-разностными аналогами		10

2.2.2	Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов с последующим анализом		10
2.3	Участие в олимпиаде по моделированию атмосферных процессов:		<u>10</u>
2.4.1	участник внутривузовской олимпиады		1
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады		5
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде		2
2.3.4	призер межвузовской олимпиады		10
2.3.5	призер национальной олимпиады		20
3.1	Участие в стартап-проекте, связанном с моделированием атмосферных процессов		10
3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным с моделированием атмосферных процессов		10
3.2.1	участие		10
3.2.2	победа		20
Итого баллов по вариативной части		28	60
4.1	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
Итого баллов по дисциплине		40	100

Таблица 7.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено	40-100
Не зачтено	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Основы численных прогнозов погоды».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Истягина, Е. Б. Математическое моделирование : учебное пособие / Е. Б. Истягина, А. А. Пьяных, Т. А. Пьяных. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. - 124 с. - ISBN 978-5-7638-4557-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/>
2. Балакин, А. А. Численные методы и математическое моделирование : учебное пособие / А. А. Балакин. - Долгопрудный : Интеллект, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-91559-297-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1870014>
3. Цепелев В.Ю., Анискина О.Г. Ансамблевый прогноза: составление, использование, интерпретация.– СПб: Издательско-полиграфическая ассоциация ВУЗ, 2022.– 110 с.

Дополнительная литература

1. Репинская Р. П. Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2001 http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf
2. Анискина О.Г., Репинская Р.П. Проекционные методы в атмосферных моделях.– СПб, 2019.– 115 с.
3. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеиздат, 1982

4. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1979
5. 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.
6. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 7-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 636 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=365807>

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Электронный ресурс: Гидрометцентр РФ. Режим доступа - <https://meteoinfo.ru/>
2. Образовательная платформа Нетология [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://netology.ru/>
3. Образовательная платформа Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/>
4. Образовательная платформа Skillbox [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://skillbox.ru/>
5. Образовательная платформа SkillFactory [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://skillfactory.ru/>
6. Образовательная платформа Открытое образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://openedu.ru/>
7. Образовательная платформа Лекториум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lektorium.tv/>

8.3. Перечень программного обеспечения

1. office 2010 49671955 01.02.2012
2. windows 7 48130165 21.02.2011
3. GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
4. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>
3. Электронный каталог Научной библиотеки РРГМУ. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>
4. Электронный каталог библиотеки РНБ. Режим доступа: https://nlr.ru/nlr_visit/RA1812/elektronnyie-katalogi-rnb
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». Режим доступа <https://biblioclub.ru/>
6. Электронная образовательная платформа «Юрайт» <https://urait.ru/>
7. Электронная библиотечная система elibrary. Режим доступа <https://elibrary.ru>
8. Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. [База данных исследований Центра стратегических разработок](https://www.csr.ru/ru/research/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.csr.ru/ru/research/>
2. [База данных международных индексов научного цитирования Scopus](http://www.scopus.com/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scopus.com/>
3. [База данных международных индексов научного цитирования Web of Science](http://webofscience.com/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://webofscience.com/>
4. [База данных НП «Международное Исследовательское Агентство «Евразийский Монитор»](https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia>
5. [База книг и публикаций электронной библиотеки «Наука и Техника»](https://n-t.ru/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://n-t.ru/>
6. [Базы данных официальной статистики Федеральной службы государственной статистики](https://rosstat.gov.ru/statistic) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistic>
7. [Электронная библиотечная система «Znanium»](https://znanium.ru/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://znanium.ru/>
8. Электронная библиотечная система «Юрайт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://urait.ru/>
9. [Электронная научная библиотека «Elibrary»](https://elibrary.ru/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
10. [Электронная научная библиотека «КиберЛенинка»](https://cyberleninka.ru/) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программе дисциплины

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 обеспеченностью доступа к архиву метеорологических карт и наблюдений

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.