Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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
Ученого совета метеорологического факультета
30.06.2023, протокол № 12

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
метеорологических прогнозов
05.06.2023, протокол № 10
Зав. кафедрой _____ Анискина О.Г.

Автор-разработчик:
к.ф.-м.н. Анискина О.Г.

Санкт-Петербург
2023

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов 07.06.2024 № 13

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов 12.05.2025 № 11

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать профессиональную компетенцию, 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 прогноза погоды,
   - 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
   - методами разработки численных моделей атмосферы;
   - методами анализа процессов различного пространственно-временного масштаба на основе численных прогнозов погоды.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений, 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 атмосферы».

Изучаются параллельно в 6 семестре с такими дисциплинами как:

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

Дисциплина необходима для изучения 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.

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 методами анализа синоптических процессов и разработки прогнозов погоды для авиации, включая использование численных моделей и специализированных программно-аппаратных комплексов	Знать: – современные методы численного прогноза погоды; – теоретические основы построения моделей и использования численных методов для прогноза синоптических процессов, – методы решения профессиональных задач с использованием численных методов. Уметь: – разрабатывать численные модели атмосферы; – разрабатывать алгоритмы и выбирать методы решения уравнений гидродинамики атмосферы численными методами. Владеть: – методами разработки численных моделей атмосферы; – методами анализа процессов различного пространственно-временного масштаба на основе 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:	47	47
в том числе:		
лекции	18	18
занятия семинарского типа:	28	28
практические занятия	–	–
лабораторные занятия	28	28

Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	60.84	60.84
в том числе:	–	–
контрольная работа	–	–
курсовая работа	–	–
Контроль:	1,16	1,16
в том числе:		
текущий контроль успеваемости	1,0	1,0
промежуточная аттестация	0,16	0,16
ВСЕГО ЧАСОВ	108	108
Вид промежуточной аттестации	Зачёт	Зачёт

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Темы дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		лекции	Лабораторные занятия	СРС			
6 семестр							
1	Тема 1 Основные понятия численных методов	2	0	0,84	Опрос на лекции	ПК-1	ПК-1-1
2	Тема 2-3 Метод сеток. Конечно-разностные аналоги производных	4	8	12	Опрос на лекции, представление результатов выполнения лабораторных работ № 1-4 (в письменном виде)	ПК-1	ПК-1-1
3	Тема 4 Спектральные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	8	12	Электронное тестирование Moodle (тест № 1), Опрос на лекции, представление результатов выполнения лабораторных работ № 5-6 (в письменном виде)	ПК-1	ПК-1-1
	Текущий контроль успеваемости – 1,0						
4	Тема 5 Метод конечных элементов для решения уравнений	2	0	6	Электронное тестирование в Moodle (тест № 2), Опрос на лекции	ПК-1	ПК-1-1 ПК-1-2 ПК-1-3

	гидродинамики атмосферы						
5	Тема 6 Метод конечных объёмов для решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	0	6	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), опрос на лекции	ПК-1	ПК-1-1 ПК-1-2 ПК-1-3
6	Тема 7-8 Схемы интегрирования во времени	4	8	12	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), представление результатов выполнения лабораторной работы № 7 (в письменном виде)	ПК-1	ПК-1-1 ПК-1-2 ПК-1-3
7	Тема 9 Специальные численные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	2	4	12	Электронное тестирование в Moodle (тест № 5), представление результатов выполнения лабораторной работы № 9 (в письменном виде)	ПК-1	ПК-1-1 ПК-1-2 ПК-1-3
	Промежуточная аттестация – 0,16						
	ИТОГО	18	28	60,84			

4.3. Содержание дисциплины

Таблица 4. Содержание тем дисциплины

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1 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	Тема 2-3 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	Тема 4 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	Тема 5 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	Тема 6 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	Тема 7-8 Схемы интегрирования во времени	Понятие интегрирования по времени. Явные и неявные схемы. Одношаговые и многошаговые схемы. Двухуровенные и трёхуровенные схемы интегрирования во времени.	ПК-1
7	Тема 9 Специальные численные методы решения уравнений гидродинамики атмосферы	Монотонные схемы. Квазимонотонные схемы. TVD-схемы. Консервативные схемы. Схемы, сохраняющие интегральные инварианты. Компактные схемы.	ПК-1

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№	№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
1	2-3	Лабораторная работа № 1 Задание полей метеорологических величин на сетке	4	2
2	2-3	Лабораторная работа № 2 Аппроксимация производных конечно-разностными аналогами и их анализ	4	2
3	2-3	Лабораторная работа № 3 Анализ ошибки аппроксимации и повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных	4	2
4	2-3	Лабораторная работа № 4 Влияние длины волны на точность аппроксимации производной конечно-разностными аналогами	4	2
5	4	Лабораторная работа № 5-6 Спектральное представление функции: разложение одномерной функции в ряд	10	6
6	4	Лабораторная работа № 7-8 Сравнительный анализ аппроксимации функции и её производной конечно-разностными аналогами и рядами	10	6
7	7-8	Лабораторная работа № 9 Решение прогностических уравнение методом шагов по времени	6	4
8	7-8	Лабораторная работа № 10-12 Сравнительный анализ различных схем интегрирования по времени	14	8
9	9	Лабораторная работа № 13-14 Решение прогностического уравнения с использованием монотонной и квазимонотонной схемы	8	4
		Всего:	64	36

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/enrol/index.php?id=4425

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
— максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации	20

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 с оценкой.

Форма проведения зачёта – решение профессиональной задачи.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль успеваемости	0-80
Промежуточная аттестация	0-20
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	4	24
1.1.1	Тестирование «Численные методы математического моделирования атмосферных процессов»	2	10
1.1.2	Опросы на лекциях (минимальное количество баллов за правильный ответ при опросе на лекции 0.5, максимальное – 2 балла)	2	14
1.2	Выполнение лабораторных работ №1-14:	10	30
1.2.1	Лабораторная работа № 1 Задание полей метеорологических величин на сетке	1	2
1.2.2	Лабораторная работа № 2 Аппроксимация производных конечно-разностными аналогами и их анализ	1	4
1.2.3	Лабораторная работа № 3 Анализ ошибки аппроксимации и повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных	1	4

1.2.4	Лабораторная работа № 4 Влияние длины волны на точность аппроксимации производной конечно-разностными аналогами	1	2
1.2.5	Лабораторная работа № 5-6 Спектральное представление функции: разложение одномерной функции в ряд	1	3
1.2.6	Лабораторная работа № 7-8 Сравнительный анализ аппроксимации функции и её производной конечно-разностными аналогами и рядами	1	3
1.2.7	Лабораторная работа № 9 Решение прогностических уравнение методом шагов по времени	1	4
1.2.8	Лабораторная работа № 10-12 Сравнительный анализ различных схем интегрирования по времени	1	4
1.2.9	Лабораторная работа № 13-14 Решение прогностического уравнения с использованием монотонной и квазимонотонной схемы	2	4
Итого баллов по обязательной части		14	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	10	25
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	4	20
2.2.1	Анализ ошибок, связанных с аппроксимацией уравнений конечно-разностными аналогами	1	4
2.2.2	Повышение порядка точности конечно-разностных аналогов производных с последующим анализом	1	4
2.2.3	Разработка алгоритма и написание программного кода для реализации прогноза на основе линейного уравнения адвекции с использованием продвинутых схем интегрирования	1	6
2.2.4	Разработка алгоритма и написание программного кода для реализации прогноза на основе линейного уравнения адвекции с использование неявных схем, разрешаемых матричным методом	1	6
2.3	Участие в олимпиаде по моделированию атмосферных процессов:	0	10
2.3.1	участник внутривузовской олимпиады	1	1
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады	1	5
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде	1	2
2.3.4	призер межвузовской олимпиады	1	10
2.3.5	призер национальной олимпиады	1	20
3.1	Участие в стартап-проекте, связанном с моделированием атмосферных процессов	1	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		26	60
4.1	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
Итого баллов по дисциплине		40	100

Таблица 8.2 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 рекомендации 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.: Гидрометеоиздат, 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 РГГМУ. 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 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.csr.ru/ru/research/
2. База данных международных индексов научного цитирования Scopus [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.scopus.com/
3. База данных международных индексов научного цитирования Web of Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://webofscience.com/
4. База данных НП «Международное Исследовательское Агентство «Евразийский Монитор» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia
5. База книг и публикаций электронной библиотеки «Наука и Техника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://n-t.ru/
6. Базы данных официальной статистики Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/statistic
7. Электронная библиотечная система «Znanium» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://znanium.ru/
8. Электронная библиотечная система «Юрайт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://urait.ru/
9. Электронная научная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elibrary.ru/
10. Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и 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.