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.ДВ.03.01.02 Региональные численные модели

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
05.05.2023, протокол № 10
Зав. кафедрой _____О.Г. Анискина

Авторы-разработчики:
к.ф.м.н. О.Г. Анискина

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

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2026/2027 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов 27.08.2026 № 1

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать профессиональную компетенцию, а также необходимый объём знаний, умений и навыков, необходимых для использования в оперативной прогностической деятельности по метеорологическому обеспечению авиации результатов численного мезомасштабного моделирования.

Задачи:

1. Сформировать знание:

- современные методы регионального численного моделирования метеорологических условий;
- физику формирования региональных атмосферных процессов и учёт её при построении и использовании региональных численных моделей атмосферы для авиационного прогноза погоды;
- методы выявления и анализа метеорологических факторов, влияющих на авиацию, с использованием региональных численных моделей атмосферы.

2. Сформировать умение:

- получать результаты региональных численных моделей атмосферы и интерпретировать их;
- учитывать неопределённости региональных численных моделей атмосферы при разработке авиационных прогнозов погоды.

3. Сформировать владение

- навыками работы с данными, полученными численным моделированием региональных процессов;
- навыками уточнения результатов численного моделирования региональных атмосферных процессов.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы, изучается, в 7 семестре для освоения профессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

«Физика», «Математика», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Иностранный язык», «Общая метеорология», «Введение в метеорологическую специальность», «Динамическая метеорология», «Компьютерные технологии в профессиональной деятельности».

Изучается параллельно в 7 семестре с такими дисциплинами как:

«Моделирование атмосферных процессов», «Интерпретация результатов численного моделирования», «Прикладная климатология», «Наукастинг для авиации», «Комплексный анализ метеорологической информации в интересах авиационных пользователей», «Региональные особенности атмосферных процессов».

Дисциплина «Численные модели атмосферы» является базовой при освоении дисциплин:

«Метеорологическое обеспечение полётов», «Метеорологическое обеспечение авиации, как отрасли экономики», «Специальные вопросы синоптики в задачах авиационной метеорологии», «Наукастинг для авиации», «Ассимиляция информации

гидродинамическими моделями атмосферы», при прохождении практик, написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-3

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-3. Способен анализировать региональные атмосферные процессы и местные климатические особенности, выявлять критически важные метеорологические факторы, в том числе антропогенные, влияющие на авиационную деятельность, прогнозировать метеорологические условия с использованием современных методов и технологий	ПК-3.1. Знает физику атмосферы и механизмы формирования региональных атмосферных процессов, опасные для авиации метеорологические явления, механизмы формирования и изменения климатических условий ПК-3.2. Умеет выявлять и анализировать критические метеорологические факторы, представляющие угрозу для безопасности полетов ПК- 3.3. Владеет методами прогнозирования метеорологических условий с применением современных технологий	Знать: – современные методы регионального численного моделирования метеорологических условий; – физику формирования региональных атмосферных процессов и учёт её при построении и использовании региональных численных моделей атмосферы для авиационного прогноза погоды; – методы выявления и анализа метеорологических факторов, влияющих на авиацию, с использованием региональных численных моделей атмосферы. Уметь: – получать результаты региональных численных моделей атмосферы и интерпретировать их; – учитывать неопределённости региональных численных моделей атмосферы при разработке авиационных прогнозов погоды. Владеть: – навыками работы с данными, полученными численным моделированием региональных процессов; – навыками уточнения результатов численного моделирования региональных атмосферных процессов.

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
	7 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:	-	-
курсовая работа	-	-
контрольная 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	Зачет	Зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Тема дисциплины	Виды учебной работы, в том числе самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
7 семестр							
1	Тема 1. Введение в региональные численные модели атмосферы	2	0	0,84	Фронтальный опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1
2	Тема 2. Классификация масштабов и их описание численными моделями атмосферы	2	0	10	Фронтальный опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1

3	Тема 3-4. Постановка начальных и граничных условий в региональных численных моделях атмосферы	4	0	10	Фронтальный опрос на лекции, электронное тестирование в moodle (тест № 1)	ПК-3	ПК-3-1
4	Тема 5. Параметризации в современных региональных численных моделях атмосферы	2	0	10	Электронное тестирование Moodle (тест № 2), фронтальный опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1
	Текущий контроль успеваемости – 1,0						
5	Тема 6-7. Современные численные региональные модели атмосферы	4	10	10	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), фронтальный опрос на лекции, представление результатов выполнения лабораторная работа № 1 (в письменном виде)	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
6	Тема 8. Даунскейлин	2	8	10	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), фронтальный опрос на лекции, представление результатов выполнения лабораторной работы № 2, 3 9в письменном виде)	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
7	Тема 9. Неопределённости современных региональных численных моделей атмосферы	2	10	10	Электронное тестирование в Moodle (тест № 5), фронтальный опрос на лекции, представление результатов выполнения лабораторной работы № 4 (в письменном виде)	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
	Промежуточная аттестация – 0,16						
	Итого	18	28	60,84			
	Всего часов:108						

4.3. Содержание дисциплины

Таблица 4. Содержание тем дисциплины

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Введение в региональные численные модели атмосферы	Роль и место дисциплины в освоении метеорологической специальности. Цели и задачи дисциплины. Содержание дисциплины и её связь с другими дисциплинами. Классификация численных моделей атмосферы. Основные направления развития регионального моделирования. История развития численного моделирования атмосферных процессов.	ПК-3
2	Тема 2. Классификация масштабов и их описание численными моделями атмосферы	Классификация атмосферных процессов по пространственно-временным масштабам (Хромов-Петросянц, Pielke, Orlansky, Thunis-Bornstein). Динамическое определение мезомасштаба. Система уравнений мезометеорологии, используемая в	ПК-3

		численных региональных моделях атмосферы. Бесшовные модели атмосферы.	
3	Тема 3-4. Постановка начальных и граничных условий в региональных численных моделях атмосферы	Ассимиляция данных наблюдений. Виды граничных условий. Фиктивные граничные условия. Открытые границы. Условия излучения. Вложенные сетки. Одностороннее и двухстороннее взаимодействие. Адаптивные сетки.	ПК-3
4	Тема 5. Параметризации в современных региональных численных моделях атмосферы	Роль параметризаций подсеточных процессов в современных региональных численных моделях атмосферы. Мезомасштабные атмосферные процессы и их описание в региональных численных моделях атмосферы.	ПК-3
5	Тема 6-7. Современные численные региональные модели атмосферы	Численные региональные модели Гидрометцентра РФ. Численная мезомасштабная модель консорциума COSMO. Численные региональные модели HARMONIE, AROME, ALADIN, WRF.	ПК-3
6	Тема 8. Даунскейлин	Статистический даунскейлинг. Физический даунскейлинг. Динамический даунскейлинг. Динамико-статистический даунскейлинг.	ПК-3
7	Тема 9. Неопределённости современных региональных численных моделей атмосферы	Ошибки современных численных региональных моделей атмосферы. Метрики оценки качества моделирования. Статистическая корректировка результатов численного регионального моделирования.	ПК-3

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	6-7	Лабораторная работа № 1-5. Проведение численных экспериментов с мезомасштабной гидродинамической моделью WRF-ARW	24	14
2	8	Лабораторная работа № 6-7. Разработка системы статистического даунскейлинга результатов региональной гидродинамической модели.	10	6
3	8	Лабораторная работа № 8-9. Разработка системы динамического даунскейлинга результатов мезомасштабной численной модели WRF-ARW	12	8
4	9	Лабораторная работа № 10-14. Оценка качества численного моделирования различных численных региональных моделей атмосферы	24	14
		Всего:	70	42

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

Электронный учебный курс «Региональные численные модели» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=4493

5. 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	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.

Форма проведения зачета: устный ответ на один вопрос в билете.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
в том числе промежуточная аттестация	0-20
Итого:	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	2	6
1.1.1	Тест (Min – 30-49% правильных ответов, max -85-100% правильных ответов)	2	6
1.1	Выполнение лабораторных работ №1-14.	14	34
1.1.1	Лабораторная работа № 1-5. Проведение численных экспериментов с мезомасштабной гидродинамической моделью WRF-ARW	5	14
1.1.2	Лабораторная работа № 6-7. Разработка системы статистического даунскейлинга результатов региональной гидродинамической модели.	2	5
1.1.3	Лабораторная работа № 8-9. Разработка системы динамического даунскейлинга результатов мезомасштабной численной модели WRF-ARW	2	5
1.1.4	Лабораторная работа № 10-14. Оценка качества численного моделирования различных численных региональных моделей атмосферы	5	10
Итого баллов по обязательной части		16	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	10	25
2.1.1	Тест на тему «Параметризация подсеточных процессов»	2	5

2.1.2	Тест на тему «Системы координат, используемые в современных гидродинамических моделях атмосферы»	2	5
2.1.3	Тест на тему «Современные численные региональные модели атмосферы»	2	5
2.1.4	Тест на тему «Даунскейлинг»	2	5
2.1.5	Тест на тему «Неопределённости современных региональных численных моделей атмосферы»	2	5
2.2	Выполнение индивидуальных заданий	14	50
2.2.1	Составление архива результатов численного регионального прогноза погоды и оценка качества прогнозов	0	10
2.2.2	Разработка системы коррекции результатов численного регионального прогноза	0	10
2.2.3	Разработка системы постпроцессинга результатов численного регионального прогноза в целях обеспечения безопасности полётов	0	30
2.3	Участие в олимпиаде по авиационной метеорологии:	0	10
2.4.1	участник внутривузовской олимпиады	0	1
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады	0	5
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде	0	2
2.3.4	призер межвузовской олимпиады	0	10
2.3.5	призер национальной олимпиады	0	20
3.1	Участие в стартап-проекте, связанном с авиационными прогнозами	0	10
3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным авиационными прогнозами	0	10
3.2.1	участие	0	10
3.2.2	победа	0	20
Итого баллов по вариативной части		24	60
4.1	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
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 рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Региональные численные модели атмосферы».

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

4. 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

5. Анискина О.Г., Репинская Р.П. Проекционные методы в атмосферных моделях.– СПб, 2019.– 115 с.

6. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982

7. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1979

8. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090589.pdf

9. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975.

10. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы.– Москва, 2006.– 101 с.

11. Киктёв Д.Б., Муравьёв А.В., Бундель А.Ю. Метдические рекомендации по верификации метеорологических прогнозов.–М.:Типограиф АМА ПРЕСС, 2021.-94с.

12. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование/ Сборник лекций под редакцией Н.Ф. Вельтищева. ВМО № 701.- Сектериат ВМО, Женева, 1988г.–144 с.

13. 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.

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 [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

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

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

3. 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.