

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

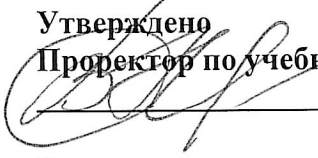
Направленность (профиль):
Авиационная метеорология

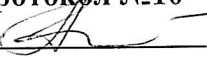
Уровень
Бакалавриат

Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 Ермакова Т.С.

Утверждено
Проректор по учебной работе
 Н.О. Верещагина

Рекомендована решением
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 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 дисциплины:

1. Сформировать знание:
 - современных методов регионального численного моделирования атмосферных процессов,
 - общетеоретических основ построения и использования региональных численных моделей атмосферы для авиационного прогноза погоды,
 - методов решения профессиональных задач с использованием региональных численных моделей атмосферы.
2. Сформировать умение:
 - получать результаты региональных численных моделей атмосферы и их интерпретировать,
 - учитывать неопределённости региональных численных моделей атмосферы при разработки 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:

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».

Параллельно с дисциплиной в 7 семестре изучаются следующие дисциплины:

«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 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-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. Навыками прогнозирования метеорологических условий с применением современных технологий	Знать: – современные методы численного моделирования региональных атмосферных процессов; Уметь: – анализировать качество численных прогнозов региональных прогнозов погоды и разрабатывать методы учёта результатов численного моделирования при составлении авиационных прогнозов погоды; Владеть: – навыками обработки и анализа данных региональных численных моделей в целях составления прогнозов для авиации.

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:	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			
7 семестр								
1	Введение в региональные численные модели атмосферы	2	–		0,84	Опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 1	ПК-3	ПК-3-1
2	Классификация масштабов и их описание численными моделями атмосферы	2	-		13	Опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1

3	Постановка начальных и граничных условий в региональных численных моделях атмосферы	4	–		14	Опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1
4	Параметризации в современных региональных численных моделях атмосферы	2	–		13	Электронное тестирование Moodle (тест № 1), Опрос на лекции	ПК-3	ПК-3-1
5	Современные численные региональные модели атмосферы	4	10		14	Электронное тестирование в Moodle (тест № 2), Опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 2, 3	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
6	Даунскейлин	2	8		13	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), опрос на лекции, отчёт о выполнении лабораторной работы № 4	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
7	Неопределённости современных региональных численных моделей атмосферы	2	10		13	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), вопросы на лекции, опрос перед выполнением лабораторной работы № 5	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
	ИТОГО	18	28		80, 84			

4.3. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание	Компетенция
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	Классификация масштабов и их описание	Классификация атмосферных процессов по пространственно-временным масштабам (Хромов-Петросянец, Pielke, Orlansky, Thunis-	ПК-3

	численными моделями атмосферы	Bornstein). Динамическое определение мезомасштаба. Система уравнений мезометеорологии, используемая в численных региональных моделях атмосферы. Бесшовные модели атмосферы.	
3	Постановка начальных и граничных условий в 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	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	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	Даунскейлинг	Статистический даунскейлинг. Физический даунскейлинг. Динамический даунскейлинг. Динамико-статистический даунскейлинг.	ПК-3
7	Неопределённости современных региональных численных моделей атмосферы	Ошибки современных численных региональных моделей атмосферы. Метрики оценки качества моделирования. Статистическая корректировка результатов численного регионального моделирования.	ПК-3

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№	№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
7 семестр				
1	5	Лабораторная работа № 1 Проведение численных экспериментов с мезомасштабной гидродинамической моделью WRF-ARW	10	14
2	6	Лабораторная работа № 2 Разработка системы статистического даунскейлинга результатов региональной гидродинамической модели.	4	6
3	6	Лабораторная работа № 3 Разработка системы динамического даунскейлинга результатов мезомасштабной численной модели WRF-ARW	4	8
4	7	Лабораторная работа № 4 Оценка качества численного моделирования различных численных региональных моделей атмосферы	10	14

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/>.

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

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

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 два вопроса 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	0-30
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>13</u>	<u>40</u>
1.1.1	Лабораторная работа № 1	5	15
1.1.2	Лабораторная работа № 2	2	5
1.1.3	Лабораторная работа № 3	2	5
1.1.4	Лабораторная работа № 4	5	15
Итого баллов по обязательной части		14	40
2. Вариативная часть			
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	<u>10</u>	<u>25</u>
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	<u>18</u>	<u>50</u>
2.2.1	Составление архива результатов численного регионального прогноза погоды и оценка качества прогнозов		10
2.2.2	Разработка системы коррекции результатов численного регионального прогноза		10
2.2.3	Разработка системы постпроцессинга результатов численного регионального прогноза в целях обеспечения безопасности полётов		30
2.3	Участие в олимпиаде по авиационной метеорологии:		<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 авиационными прогнозами		10
3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным авиационными прогнозами		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 «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

1. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2001 http://elibrshu.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. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-090589.pdf
6. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
7. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы.– Москва, 2006.– 101 с.
8. Киктёв Д.Б., Муравьев А.В., Бундель А.Ю. Методические рекомендации по верификации метеорологических прогнозов.–М.:Типограф АМА ПРЕСС, 2021.–94с.
9. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование/ Сборник лекций под редакцией Н.Ф. Вельтищева. ВМО № 701.- Секториат ВМО, Женева, 1988г.–144 с.
10. 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](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 НИП «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 программам 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.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

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.