

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.03.02.02 Интерпретация результатов численного
моделирования атмосферы**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 Прикладная гидрометеорология

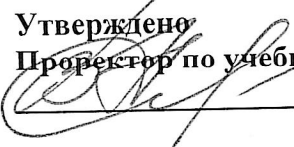
Направленность (профиль):
Авиационная метеорология

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 при составлении авиационных прогнозов погоды результатов численного моделирования атмосферных процессов.

Задачи дисциплины:

1. Сформировать знание:
 - современных методов численного моделирования региональных атмосферных процессов,
 - современных методов обработки результатов численного моделирования атмосферы в целях прогноза опасных для авиации метеорологических явлений,
 - методов решения профессиональных задач авиационного синоптика с использованием результатов численного моделирования атмосферных процессов.
2. Сформировать умение:
 - получать результаты численных моделей атмосферы и их анализировать с целью выявления критических для полётов метеорологических условий,
 - разрабатывать алгоритмы и выбирать методы интерпретации результатов численного прогноза погоды,
3. Сформировать владение
 - навыками работы с результатами численных моделей прогноза погоды разного пространственно-временного масштаба,
 - навыками применения современных технологий для интерпретации и визуализации результатов 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 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:

«Региональные численные модели», «Моделирование атмосферных процессов», «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 математического моделирования атмосферных процессов; Уметь: – выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения профессиональных задач с использованием математического моделирования атмосферных процессов; Владеть: – навыками обработки и анализа данных математических моделей атмосферы; – навыками работы с результатами современных математических моделей атмосферы.

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: Особенности численного моделирования атмосферы	2	–		0,8 4	Электронное тестирование Moodle (тест № 1)	ПК-3	ПК-3-1
2	Разрешение численных моделей атмосферы и его влияние на	2	2		6	Отчёт о выполнении лабораторной работы № 1	ПК-3	ПК-3-1

	интерпретацию прогнозов							
3	Оценка ошибок численных прогнозов погоды	2	4		8	Электронное тестирование Moodle (тест № 2), отчёт о выполнении лабораторной работы № 2	ПК-3	ПК-3-1
4	Объективная интерпретация численных прогнозов метеорологических величин	2	4		8	отчёт о выполнении лабораторной работы № 3	ПК-3	ПК-3-1
5	Базы и архивы данных численных прогнозов погоды	2	2		8	отчёт о выполнении лабораторной работы № 4	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2, ПК-3-3
6	Программные средства обработки и визуализации результатов численного моделирования атмосферы	2	4		6	отчёт о выполнении лабораторной работы № 5	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2, ПК-3-3
7	Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы	2	4		8	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), отчёт о выполнении лабораторной работы № 6	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2, ПК-3-3
8	Прогноз опасных явлений погоды по результатам численного моделирования атмосферы	2	4		8	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), отчёт о выполнении лабораторных работ № 7	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2, ПК-3-3
9	Интерпретация результатов ансамблевого численного моделирования	2	4		8	Отчёт о выполнении лабораторной работы № 8	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2, ПК-3-3
	ИТОГО	18	28		60, 84			

4.3. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Введение: Особенности численного моделирования атмосферы	Роль и место дисциплины в освоении метеорологической специальности. Цели и задачи дисциплины. Содержание дисциплины и её связь с другими дисциплинами. Понятие численного моделирования. Роль численных методов в разработке численных прогнозов. Значение начальных условий и описания подсеточных процессов.	ПК-3
2	Разрешение численных моделей атмосферы и его влияние на интерпретацию прогнозов	Влияние разрешения численных моделей атмосферы на описание особенностей полей метеорологических величин. Разрешение современных глобальных и региональных численных моделей атмосферы. Связь методов интерпретации численных прогнозов и разрешения модели. Интерполяция, экстраполяция.	ПК-3
3	Оценка ошибок численных прогнозов погоды	Меры оценки качества численных прогнозов. Верификация результатов численных прогнозов. Статистические методы оценки качества численных прогнозов. Матрица сопряженности. Оправдываемость численных прогнозов погоды.	ПК-3
4	Объективная интерпретация численных прогнозов метеорологических величин	Методы детализации численных прогнозов погоды (статистическая, физическая, динамическая, физико-статистическая). Использование искусственного интеллекта для детализации результатов численного прогноза погоды.	ПК-3
5	Базы и архивы данных численных прогнозов погоды	Методы доступа к базам и архивам данных численного прогноза погоды. Форматы данных результатов численного прогноза погоды.	ПК-3
6	Программные средства обработки и визуализации результатов численного моделирования атмосферы	Программные средства работы с результатами численного прогноза погоды (fortran, python, r, octave, ncl, cdo). Компьютерные системы для анализа и визуализации результатов численного прогноза погоды (opengrads, panoply, met)	ПК-3
7	Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы	Методы статистической корректировки. Регрессионный анализ (шаговая регрессия вперёд и назад, множественная регрессия). Методы MOS. Объектный подход	ПК-3
8	Прогноз опасных явлений погоды по результатам	Обработка результатов численного моделирования с целью предупреждения об опасных явлениях погоды для авиации.	ПК-3

	численного моделирования атмосферы	Статистика редких явлений. Индексы неустойчивости. Кластеризация. Нейросетевые технологии. Адаптация синоптических методов к обработке результатов численного моделирования.	
9	Интерпретация результатов ансамблевого численного моделирования	Парадигма ансамблевого численного прогноза. Методы обработки результатов численного ансамблевого прогноза (спагетти, почтовые марки, вероятностные подходы).	ПК-3

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№	№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
7 семестр				
1	2	Лабораторная работа № 1 Оценка влияния разрешения численной модели на качество прогноза по результатам модели WRF-ARW	2	6
2	3	Лабораторная работа № 2 Верификация численной модели по результатам модели WRF-ARW	4	8
3	4	Лабораторная работа № 3 Динамический даунскейлинг на примере мезомасштабной модели WRF-ARW	4	8
4	5	Лабораторная работа № 4 Базы данных численного прогноза погоды	2	8
5	6	Лабораторная работа № 5 Анализ и визуализация результатов численного прогноза с использованием opengrads и panoply	4	6
6	7	Лабораторная работа № 6 Построение регрессионной модели для корректировки результатов численного моделирования	4	8
7	7	Лабораторная работа № 7 Прогноз гроз по данным численной модели WRF-ARW	4	8
8	9	Лабораторная работа № 8 Анализ и визуализация результатов ансамблевого прогноза	4	8

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

Электронный учебный курс «Интерпретация результатов численного моделирования атмосферы» 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 — 7 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>8</u>	<u>40</u>
1.1.1	Лабораторная работа № 1	1	5
1.1.2	Лабораторная работа № 2	1	5
1.1.3	Лабораторная работа № 3	1	5
1.1.4	Лабораторная работа № 4	1	5
1.1.5	Лабораторная работа № 5	1	5
1.1.6	Лабораторная работа № 6	1	5
1.1.7	Лабораторная работа № 7	1	5
1.1.8	Лабораторная работа № 8	1	5
	Итого баллов по обязательной части	8	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	<u>10</u>	<u>25</u>
2.1.1	Тест на тему «Особенности численного моделирования атмосферы»	2	5
2.1.2	Тест на тему «Оценка ошибок численных прогнозов»	2	5
2.1.3	Тест на тему «Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы»	2	5

2.1.4	Тест на тему «Прогноз опасных явлений погоды по результатам численного моделирования атмосферы	4	10
2.2	Выполнение индивидуальных заданий		80
2.2.1	Создание архива данных численного моделирования одной из мировых численных глобальных моделей		10
2.2.2	Построение модели множественной регрессии для корректировки результатов численной модели на аэродроме		10
2.2.3	Построение нейросетевой модели для корректировки результатов моделирования на аэродроме		30
2.2.3	Разработка программного продукта на python для визуализации и анализа результатов численной модели атмосферы		30
2.3	Участие в олимпиаде по моделированию атмосферных процессов:		10
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 «Интерпретация результатов численных моделей 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 прогноз: 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 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.