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.04.02.05 Ассимиляция информации гидродинамическими моделями 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
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. Ермакова Т.С.

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 универсальную и общепрофессиональную компетентность, а также необходимый объем фундаментальных и прикладных знаний, умений и навыков обучающимися принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, познакомить обучающихся с принципами совместного использования результатов измерений и моделирования.

Задачи:

1. Сформировать знание:
   - физической и математической постановки задачи при подготовке начальных данных для гидродинамического моделирования атмосферных физических и химических процессов;
   - принципиальных отличий существующих методов ассимиляции данных;
   - достоинств и недостатков разных методов ассимиляции данных.
   -
2. Сформировать умение:
   - различать разные способы ассимиляции данных моделями;
   - применять простейшие методы ассимиляции данных на практике для диагностических задач одномерной модели;
   - оценивать погрешности проводимых расчетов с использованием интерполяционных процедур.
   -
3. Сформировать владение:
   - навыками учета метеорологических данных из разных источников при подготовке начальных данных;
   - методами интерполяции гидрометеорологических данных;
   - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы, изучается в 8 семестре для освоения профессиональных компетенций.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Методы зондирования окружающей среды», «Региональные численные модели», «Моделирование атмосферных процессов», «Интерпретация результатов численного моделирования атмосферы».

Параллельно с дисциплиной «Ассимиляция информации гидродинамическими моделями атмосферы» изучаются: «Метеорологическое обеспечение авиации, как отрасли экономики», «Наукастинг для авиации».

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

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции:
ПК-1.

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной 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: – физическую и математическую постановку задачи при подготовке начальных данных для гидродинамического моделирования атмосферных процессов; – принципиальные отличия существующих методов ассимиляции данных; – достоинства и недостатки разных методов ассимиляции данных. Уметь: – различать разные способы ассимиляции данных моделями; – применять простейшие методы ассимиляции данных на практике для диагностических задач одномерной модели; – оценивать погрешности проводимых расчётов с использованием интерполяционных процедур. Владеть: – навыками учёта метеорологических данных из разных источников при подготовке начальных данных; – методами интерполяции гидрометеорологических данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

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

Объем дисциплины	Очная форма обучения	
	Семестр	Итого
	8 семестр	
Зачетные 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	28	28
лабораторные занятия	-	-
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 тем дисциплины

Таблица 3. Структура тем дисциплины

№ п/п	Тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Практические занятия	СРС			
8 семестр							
1	Тема 1. Усвоение данных наблюдений. Субъективный и объективный анализы.	2	0	7	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1
2	Тема 2. Статистическая структура метеорологических полей. Статистическая интерполяция гидроме-теорологических	2	8	8	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1

	данных						
3	Тема 3. Полиномиальная интерполяция. Метод последовательных уточнений	2	4	6	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
4	Тема 4. Оптимальная интерполяция	2	4	6	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
	Текущий контроль успеваемости – 0,5						
5	Тема 5-6. Вероятностные методы ассимиляции данных	4	8	12	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
6	Тема. 7-8. Фильтр Калмана. Расширенный и ансамблевый фильтр Калмана	4	4	12	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
7	Тема 9. Проблема инициализации гидродинамических моделей	2	0	9,84	Фронтальный опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
	Промежуточная аттестация – 0,16						
	Итого	18	28	60,84			
	Всего часов: 108						

4.3. Содержание тем дисциплины

Таблица 4. Содержание тем дисциплины

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Усвоение данных наблюдений. Субъективный и объективный анализы.	Проблема прогноза погоды как детерминистская задача с начальными условиями. Организация системы наблюдений. Анализ результатов наблюдений как подготовка к прогностической части.	ПК-1
2	Тема 2. Статистическая структура метеорологически х полей. Статистическая интерполяция гидрометеорологи ческих данных	Пространственные и временные связи между метеорологическими переменными. Ошибки наблюдений и моделирования. Связи между ошибками и ковариационные матрицы ошибок. Методы определения ковариационных матриц. Постановка задачи статистической интерполяции. Использование априорных и апостериорных весов. Проблема минимизации матрицы ошибок. Ошибка анализа в статистической интерполяции.	ПК-1
3	Тема 3. Полиномиальная интерполяция. Метод последовательных приближений	Постановка задачи полиномиальной интерполяции. Полиномы Лагранжа. Полиномы Ньютона. Метод последовательных уточнений. Интерполяционный метод Кressмана	ПК-1
3	Тема.4. Оптимальная интерполяция	Оптимальная интерполяция (ОИ) — широко используемый и довольно простой, но качественный метод ассимиляции данных. Ассимиляция данных с двух станций, находящихся на разном расстоянии относительно друг друга и узла сетки. Матрица ковариаций фоновой погрешности. Многомерный анализ.	ПК-1
4	Тема 5-6. Вероятностные методы	Вероятностный подход к ассимиляции данных. Проблема нахождения минимальных и максимальных значений быстроменяющихся функций. Постановка задачи	ПК-1

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
	ассимиляции данных	вариационной ассимиляции данных. Построение функционалов качества применительно к проблеме инициализации атмосферных моделей.	
5	Тема. 7-8. Фильтр Калмана. Расширенный и ансамблевый фильтр Калмана	Фильтр Калмана в теории оптимального управления. Формулировка алгоритма фильтра Калмана. Расширенный фильтр Калмана. Ансамблевый фильтр Калмана. Технические проблемы реализации фильтра Калмана.	ПК-1
6	Тема 9. Проблема инициализации гидродинамических моделей	Пространственные и временные масштабы атмосферных процессов. Синоптические и планетарные процессы в проблеме ассимиляции атмосферных данных. Проблема фильтрации шумов в ассимиляционных моделях.	ПК-1

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание практических занятий

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
2	Практическая работа №1-2 Оценка статистической структуры метеорологических полей.	10	6
2	Практическая работа №3-4 Расчёт ковариационной матрицы полей метеорологических величин.	10	6
3	Практическая работа №5-6 .Разработка алгоритма интерполяции поля метеорологической величины с использованием интерполяционных полиномов Ньютона	10	6
4	Практическая работа №7-8 Использование оптимальной интерполяции для получения полей негладких метеорологических величин (влажности).	10	6
5-6	Практическая работа № 9-12. Алгоритмы минимизации функционала качества.	14	6
7-8	Практическая работа № 13-14. Разработка алгоритма применения фильтра Калмана для одномерной величины и программная реализация этого алгоритма.	10	6
-	ВСЕГО	64	36

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

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. А также электронный учебный курс «Ассимиляция информации гидродинамическими моделями атмосферы» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=4561

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	20

6.1. Текущий контроль

Типовые 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 тестовых заданий.

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 успеваемости

№	Вид работ	Min	Max
1.	Обязательная часть		
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний	6	12
1.1.1	Тест	6	12
1.2	Выполнение практических работ №1-14:	14	28
1.2.1	Практическая работа №1-2 Оценка статистической структуры метеорологических полей.	2	4
1.2.2	Практическая работа №3-4 Расчёт ковариационной матрицы полей метеорологических величин.	2	4
1.2.3	Практическая работа №5-6 .Разработка алгоритма интерполяции поля метеорологической величины с использованием интерполяционных полиномов Ньютона	2	4
1.2.4	Практическая работа №7-8 Использование оптимальной интерполяции для получения полей негладких метеорологических величин (влажности).	2	4
1.2.5	Практическая работа № 9-12. Алгоритмы минимизации функционала качества.	4	6
1.2.6	Практическая работа № 13-14. Разработка алгоритма применения фильтра Калмана для одномерной величины и программная реализация этого алгоритма.	4	6
Итого баллов по обязательной части		20	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Тест	10	20
2.1.1	Тест на тему «Различные методы ассимиляции гидрометеорологических данных в численных моделях»	5	10

2.1.2	Тест на тему «Вариационные методы ассимиляции данных 3DVAR и 4DVAR»	5	10
2.2	Решение профессиональных задач	15	30
2.2.1	Разработка алгоритма и написание программного кода, реализующего алгоритм фильтра Калмана для одномерного поля	5	10
2.2.2	Разработка алгоритма и его реализация для ассимиляция радиолокационных данных методом оптимальной интерполяции	5	10
2.2.3	Расчёт ковариационной матрицы по данным мезомасштабной численной модели WRF-ARW	5	10
2.3	Участие в олимпиадах по численным методам и математическому моделированию в науках об окружающей среде:	60	60
2.4.1	участник внутривузовской олимпиады	5	5
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады	10	10
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде	10	10
2.3.4	призер межвузовской олимпиады	15	15
2.3.5	призер национальной олимпиады	20	20
3.1	Участие в стартап-проекте, связанном с численным моделированием	10	10
3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным с компьютерными технологиями	10	20
3.2.1	участие	10	10
3.2.2	победа	20	20
Итого баллов по вариативной части		20	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 «Ассимиляция информации гидродинамическими моделями атмосферы».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Ермакова Т.С., Анискина О.Г. Ассимиляция данных: оптимальная интерполяция. Санкт-Петербург.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2023. – 66 с.

2. Смышляев С.П. Методические указания по дисциплине «Ассимиляция гидрометеорологических данных». Издательство РГГМУ. 2016. – 22 стр.

3. Evensen G. Data assimilation: The ensemble Kalman filter. Berlin: Springer, 2007.

4. Kalnay E. Atmospheric Modeling. Data Assimilation and Predictibility. Cambridge University Press, 2003.

Дополнительная литература

1. Daley R. Atmospheric data analysis – Cambridge University Press, 1992

2. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.. Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 296 с.

3. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 1. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. – 340 с.
4. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 360 с.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Образовательная платформа Нетология [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://netology.ru/
2. Образовательная платформа Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/
3. Образовательная платформа GeekBrains [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gb.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. Браузер: Яндекс браузер [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://browser.yandex.ru/
2. Файловый архиватор: 7-zip [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.7-zip.org/
3. Файловый менеджер: Far-manager [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://farmanager.com/
4. Офисный пакет: OpenOffice [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.openoffice.org/ru/
5. GraDS

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. Веб-портал в области свободного программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.opennet.ru/
2. Веб-портал в области современных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.computerra.ru/
3. Информационный портал «Научная Россия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://scientificrussia.ru/
4. Сетевое издание «CNews» («СиНьюс») [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cnews.ru/
5. Сетевое издание «IT-World: Мир цифровых и информационных технологий» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.it-world.ru/
6. Справочно-информационный портал «Грамота.ру» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gramota.ru/
7. Справочно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.garant.ru/
8. Справочно-правовая система «Консультант плюс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.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 аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающим 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.