Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.07.01 Статика и термодинамика 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.

Утверждаю
Проректор по учебной работе
_____ Н.О. Верещагина

Рекомендована решением
Ученого совета Метеорологического
факультета
03.06.2023, протокол №12

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры МКОА
20.06.2023, протокол №11-1
И.о. зав. кафедрой _____Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:
к.ф.-м.н. Кашлева Л.В.

Санкт-Петербург
2023

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

Протокол заседания кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы 24.06.2024 № 10

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

Протокол заседания кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы 26.05.2025 № 10

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

Протокол заседания кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы 27.08.2026 № 1

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Статика и термодинамика атмосферы» — сформировать общепрофессиональную компетенцию, а также необходимый объем фундаментальных и прикладных знаний, умений и навыков для применения знания физико-динамических принципов явлений и процессов, происходящих в природной среде, позволяющих давать их качественную оценку и выделять антропогенную составляющую.

Задачи:

1. Сформировать знание:
- о законах сохранения энергии;
- о законах гидростатики, движения и термодинамики;
- об основных видах антропогенных воздействий на атмосферу, гидросферу и литосферу.

2. Сформировать умение:
- проводить анализ конкретных природных явлений;
- рассчитывать градиенты давления, температуры и плотности с высотой в реальной атмосфере;
- идентифицировать антропогенные факторы в изменениях состояния природной среды на фоне естественной динамики.

3. Сформировать владение:
- методами оценки устойчивости атмосферы и возможности рассеяния примесей в атмосфере;
- методами количественной оценки воздействия антропогенных факторов на природные системы, включая использование программного обеспечения для моделирования и анализа данных.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы, изучается во 2 семестре для освоения общепрофессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

«Высшая математика», «Физика», «Введение в профессиональную деятельность».

Изучается параллельно во 2 семестре с такими дисциплинами как:

«Радиация в атмосфере».

Дисциплина является базовой для изучения дисциплин:

общей метеорологии и всех дисциплин теоретической метеорология, прогностической метеорологии, прикладной метеорологии и измерительной метеорологии, включая все профессиональные дисциплины.

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:

ОПК-2.

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-2. Способен применять знания физико-динамических принципов явлений и процессов, происходящих в природной среде, давать их качественную оценку и выделять антропогенную составляющую.	ОПК-2.1. Знает физико-динамические факторы, приводящие к возникновению явлений и процессов, происходящих в природной среде, и механизмы их взаимодействия ОПК-2.2. Умеет проводить качественную оценку механизмов взаимодействия явлений и (или) процессов природной среды ОПК-2.3. Владеет методами выделения антропогенной составляющей явлений и процессов, происходящих в природной среде, оценки последствий их влияния на компоненты природной среды.	Знать: − закон сохранения энергии; − законы гидростатики, движения и термодинамики; − основные виды антропогенных воздействий на атмосферу, гидросферу и литосферу. Уметь: − проводить анализ конкретных природных явлений; − рассчитывать градиенты давления, температуры и плотности с высотой в реальной атмосфере; − идентифицировать антропогенные факторы в изменениях состояния природной среды на фоне естественной динамики. Владеть: − методами оценки устойчивости атмосферы и возможности рассеяния примесей в атмосфере; − методами количественной оценки воздействия антропогенных факторов на природные системы, включая использование программного обеспечения для моделирования и анализа данных.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет: 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

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

Объём дисциплины	Очная форма обучения	
	Семестр	Итого
	2 семестр	
Зачётные единицы	3	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	43	43
в том числе:	-	-
— лекции	14	14
— занятия семинарского типа:	28	28
— практические занятия	-	-
— лабораторные занятия	28	28

Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	64,84	64,84
в том числе:	-	-
— курсовая работа	-	-
— контрольная работа	-	-
Контроль:	1,16	1,16
в том числе:		
текущий контроль успеваемости	1	1
промежуточная аттестация	0,16	0,16
Всего часов:	108	108
Вид промежуточной аттестации	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	Тема 1. Статика атмосферы. Вывод уравнения статики	2	4	8	Решение задач	ОПК-2	ОПК-2.1
2	Тема 2. Интегральные формы уравнения статики. Модель реальной атмосферы	2	4	10	Решение задач. Обсуждение решения	ОПК-2	ПК-2.1
3	Тема 3. Вывод уравнения I начала термодинамики. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.	2	4	8	Решение задач	ОПК-2	ОПК-2.2
4	Тема 4. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства	2	4	8	Выполнение и представление решения задач.	ОПК-2	ОПК-2.2
	Текущий контроль успеваемости – 1,0						
5	Тема 5. Критерии устойчивости атм на основе метода частицы. Сухоадиабатические процессы. Изменен Θ с высотой при различной стратификации. Стратификация атм по отношению сухоадиабатическому перемещению. Кривая состояния и крив стратификации. Уровень конденсации	2	4	8	Выполнение и представление решения задач.	ОПК-2	ОПК-2.1

6	Тема 6. Влажноадиабатический процесс. Вывод уравнения 1 начала термодинамики для влажноадиабатического процесса. Влажноадиабатический градиент. Стратификация атмосферы по отношению к влажноадиабатическому движению, критерии неустойчивости атмосферы	2	4	10	Выполнение и представление решения задач.	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2
7	Тема 7. Энергия неустойчивости атмосферы. Термодинамические температуры	2	4	12,84	Выполнение и представление решения задач. Контрольная работа	ОПК-2	ОПК-2.2 ОПК-2.3
	Промежуточная аттестация -0,16						
	ИТОГО	14	28	64,84			
	Всего часов: 108						

4.3. Содержание тем дисциплины

Таблица 4. Содержание тем дисциплины

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Статика атмосферы. Вывод уравнения статики	Силы, действующие в атмосфере. Вывод основного уравнения статики и его следствия. Вертикальный градиент давления и барическая ступень.	ОПК-2
2	Тема 2. Интегральные формы уравнения статики. Модель реальной атмосферы	Интегральные формы уравнение статики. Барометрические формулы для однородной, изотермической, политропной моделей атмосферы. Формула Лапласа. Модель реальной атмосферы. Практическое использование барометрических формул. Изменение плотности воздуха с высотой. Стандартная атмосфера. Горизонтальные неоднородности поля давления.	ОПК-2
3	Тема 3. Вывод уравнения I начала термодинамики. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.	Вывод уравнения I начала термодинамики применительно к метеорологии. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.	ОПК-2
4	Тема 4. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства	Сухоадиабатический градиент. Вывод формулы сухоадиабатического градиента. Расчет температуры воздушной частицы на произвольной высоте над поверхностью земли. Потенциальная температура, вывод формул. Свойства потенциальной температуры	ОПК-2

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
5	Тема 5. Критерии устойчивости атм на основе метода частицы. Сухоадиабатические процессы. Изменен Θ с высотой при различной стратификации. Стратификация атм по отношению сухоадиабатическому перемещению. Кривая состояния и крив стратификации. Уровень конденсации	Критерии устойчивости атмосферы на основе метода частицы. Сухоадиабатические процессы. Изменение потенциальной температуры с высотой при различной стратификации. Стратификация атмосферы по отношению к сухоадиабатическому перемещению. Кривая состояния и кривая стратификации. Уровень конденсации.	ОПК-2
6	Тема 6. Влажноадиабатический процесс. Вывод уравнения 1 начала термодинамики для влажноадиабатического процесса. Влажноадиабатический градиент. Стратификация атмосферы по отношению к влажноадиабатическому движению, критерии неустойчивости атмосферы	Влажноадиабатический процесс. Вывод уравнения I начала термодинамики для влажноадиабатического процесса. Влажноадиабатический градиент. Псевдоадиабатические процессы. Стратификация атмосферы по отношению к влажноадиабатическому движению, критерии неустойчивости атмосферы.	ОПК-2
7	Тема 7. Энергия неустойчивости атмосферы. Термодинамические температуры	Изменение параметров воздушной частицы при ее вертикальных перемещениях. Кривая состояния. Уровень конденсации. Уровень конвекции. Энергия неустойчивости. Аэрологическая диаграмма. Принципы построения термодинамических графиков, их использование. Стратификация атмосферы. Критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы. Метод частицы.	ОПК-2

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
2 семестр			
1	Лабораторная работа№ 1. Вывести уравнение статики.	4	2
1	Лабораторная работа № 2. Вывести уравнения для вертикального градиента давления и барической ступени.	4	2
2	Лабораторная работа № 3. Применение на практике барометрических формул для однородной, изотермической, политропной моделей атмосферы; формулы Лапласа (модель реальной атмосферы). Изменение плотности воздуха с высотой.	6	4
2	Лабораторная работа №4. Стандартная атмосфера. Горизонтальные неоднородности поля давления.	4	2
3	Лабораторная работа №5. Вывести уравнение I начала термодинамики для сухоадиабатического процесса (уравнение Пуассона). Применение на практике уравнения Пуассона.	4	2
3	Лабораторная работа №6. Изучить структуру аэрологической диаграммы.	4	2
4	Лабораторная работа №7. Вывести формулу сухоадиабатического градиента.	4	2
4	Лабораторная работа № 8. Вывести формулу для определения потенциальной температуры. Потенциальная температура.	4	2

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
5	Лабораторная работа №9. Ввести силу плавучести и ускорение силы плавучести. Критерии неустойчивости атмосферы.	6	4
5	Лабораторная работа № 10. Понятие конденсации. Методы определения уровня конденсации на аэрологической диаграмме.	6	4
6	Лабораторная работа №11. Вывести уравнение I начала термодинамики для влажноадиабатического процесса. Построение кривой состояния.	6	4
6	Лабораторная работа №12. Влажноадиабатический градиент. Стратификация атмосферы по отношению к влажноадиабатическому движению.	6	4
7	Лабораторная работа №13. Принципы построения термодинамических графиков, их использование.	6	4
7	Лабораторная работа №14. Стратификация атмосферы, критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы.	6	4
	ВСЕГО	70	42

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

Электронный учебный курс «Статика и термодинамика атмосферы» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=2974

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 зачета с оценкой: 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 успеваемости	0-100
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	2	4
1.1.1	Тест (Min – 30-49% правильных ответов, max -85-100% правильных ответов)	2	4
1.2	Выполнение лабораторных работ №1-14	18	36
1.2.1	Лабораторная работа№ 1. Вывести уравнение статики.	1	2
1.2.2	Лабораторная работа № 2. Вывести уравнения для вертикального градиента давления и барической ступени.	1	2
1.2.3	Лабораторная работа № 3. Применение на практике барометрических формул для однородной, изотермической, политропной моделей атмосферы; формулы Лапласа (модель реальной атмосферы). Изменение плотности воздуха с высотой.	1	2
1.2.4	Лабораторная работа №4. Стандартная атмосфера. Горизонтальные неоднородности поля давления.	1	2
1.2.5	Лабораторная работа №5. Вывести уравнение I начала термодинамики для сухоадиабатического процесса (уравнение Пуассона). Применение на практике уравнения Пуассона.	1	2
1.2.6	Лабораторная работа №6. Изучить структуру аэрологической диаграммы.	1	2
1.2.7	Лабораторная работа №7. Вывести формулу сухоадиабатического градиента.	1	2
1.2.8	Лабораторная работа № 8. Вывести формулу для определения потенциальной температуры. Потенциальная температура.	1	2
1.2.9	Лабораторная работа №9. Ввести силу плавучести и ускорение силы плавучести. Критерии неустойчивости атмосферы.	1	2
1.2.10	Лабораторная работа № 10. Понятие конденсации. Методы определения уровня конденсации на аэрологической диаграмме.	1	2
1.2.11	Лабораторная работа №11. Вывести уравнение I начала термодинамики для влажноадиабатического процесса. Построение кривой состояния.	1	2
1.2.12	Лабораторная работа №12. Влажноадиабатический градиент. Стратификация атмосферы по отношению к влажноадиабатическому движению.	1	2
1.2.13	Лабораторная работа №13. Принципы построения термодинамических графиков, их использование.	1	2
1.2.14	Лабораторная работа №14. Стратификация атмосферы, критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы.	1	2
1.3	Решение квалификационных задач (д/з)	2	4
1.4	Посещаемость лабораторных занятий	1	2
1.5	Посещаемость лекций (наличие конспекта)	1	2
Итого баллов по обязательной части		20	40
2. Вариативная часть			
2.1.	Тренировочные задания		
2.1.1.	Письменный опрос по решению задач реконструктивного уровня (Ст)	5	15
2.1.2.	Письменный опрос по решению задач практико-ориентированного/исследовательского/творческого уровня (А/Д)	5	15
2.2.	Научный доклад на студенческой конференции «МФ» (не более двух)	10	20
2.5.	Публикация в индексируемом журнале		
2.5.1.	совместно с преподавателем	1	5
2.6.	Акселерационная программа/проект Росмолодёжи	1	5
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
	Итого баллов по вариативной части	20	60

	Итого баллов по дисциплине	40	100

Таблица 7.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено (отлично)	85-100
Зачтено (хорошо)	64-84
Зачтено (удовлетворительно)	40-63
Не зачтено (неудовлетворительно)	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 «Статика и Термодинамика».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. http://znanium.com/bookread2.php?book=424281
2. https://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=2974

Дополнительная литература

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000.
2. Андреев А.О., М.В. Дукальская, Е.Г. Головина. Облака: происхождение, классификация, распознавание. Учебное пособие. С.-Пб. РГГМУ, 2007
3. Бройдо А. Г. и др. Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
4. Психометрические таблицы. – Л.; Гидрометеоиздат, 2010.
5. Курс метеорологии (физика атмосферы). / Кирюхин Б. В., Зверев А. С., Кондратьев К. Я., Селезнева Е. С., Тверской П. Н., Юдин М. И. Под ред. проф. П. Н. Тверского, Гид-рометеоиздат, 1951.
6. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Основы метеорологии.- СПб, изд. РГГМУ, 1978, 158с.
7. Бройдо А. Г. и др. Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
8. Психометрические таблицы. – Л.; Гидрометеоиздат, 1981.
9. Атлас облаков. Под ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожилова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. СДО MOODLE РГГМУ http://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=88
2. Электронный ресурс fzo.rshu.ru (онлайн-лекции), лекции по агрометеорологии, лектор Петрушенко В.Д.. http://fzo.rshu.ru/content/vebinar/petrushenko

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Операционная система: Astra linux [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://astralinux.ru/
2. Операционная система: Alt linux [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.basealt.ru/alt-education/
3. Браузер: Яндекс браузер [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://browser.yandex.ru/
4. Файловый архиватор: 7-zip [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.7-zip.org/
5. Файловый менеджер: Far-manager [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://farmanager.com/
6. Офисный пакет: OpenOffice [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.openoffice.org/ru/

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. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. http://elib.rshu.ru
5. Электронно-библиотечная система Знаниум. http://znanium.com
6. Специализированный массив базы гидрометеорологических данных ВНИИГМИ-МЦД http://meteo.ru/data

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;
3. База данных Web of Science
4. База данных Scopus
5. База данных НП «Международное Исследовательское Агентство «Евразийский Монитор» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia

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 и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

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.