Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.01.02.03 Динамика атмосферных процессов и их влияние на безопасность полётов

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
экспериментальной физики атмосферы
05.06.2023, протокол № 12
Зав. кафедрой _____ Восканян К.Л.

Автор-разработчик:
к.ф.-м.н. Егоров К.Л.

Санкт-Петербург
2023

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

Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы 29.05.2024 № 12

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

Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы 28.05.2025 № 10

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

Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы 02.06.2026 № 13

1. **Цели освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины — сформировать профессиональную компетенцию, содержащую необходимый объем фундаментальных и прикладных знаний, умений и навыков, необходимых для понимания динамики атмосферных процессов, их влияния на безопасность полётов, а так же физических взаимосвязей между параметрами изучаемых процессов в атмосфере.

Задачи**:**

1. Сформирование владения:

- практическими навыками интегрирования дифференциальных уравнений и решения задач по определению значений физических параметров в конкретных метеорологических явлениях;
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;
- знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования наиболее характерных взаимосвязей между параметрами среды при решении основных и прикладных задач динамики атмосферы.

2. **Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программе.**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы, изучается в 5 семестре очной формы обучения для освоения профессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

«Математика», «Физика», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Вычислительная математика» «Теория вероятностей и математическая статистика», «Компьютерные технологии в профессиональной деятельности», «Статика и термодинамика атмосферы», «Радиация в атмосфере».

Параллельно с дисциплиной изучаются такие дисциплины как: «Синоптический анализ метеорологической информации», «Статистические методы обработки гидрометеорологической информации», «Мезомасштабные процессы в атмосфере», «Построение синоптических карт», «Передача информации: метеорологические авиационные коды».

Дисциплина является базовой для изучения дисциплин: «Прогнозы погоды для малой авиации», «Региональные особенности атмосферных процессов», «Наукастинг для авиации», «Специальные вопросы синоптики в задачах авиационной метеорологии», «Моделирование атмосферных процессов». 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-1.

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения 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-1.3. Владеет методами анализа синоптических процессов и разработки прогнозов погоды для авиации, включая использование численных моделей и специализированных программно-аппаратных комплексов	Владеть: – практическими навыками интегрирования дифференциальных уравнений и решения задач по определению значений физических параметров в конкретных метеорологических явлениях; – навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера; – знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования наиболее характерных взаимосвязей между параметрами среды при решении основных и прикладных задач динамики атмосферы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

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

Объём дисциплины	Очная форма обучения	
	Семестр	Итого
	5 семестр	
Зачётные единицы	2	2
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	32,5	32,5
в том числе:	-	-
— лекции	14	14
— занятия семинарского типа:	18	18
— практические занятия	18	18
— лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	39,34	39,34
в том числе:	-	-
— курсовая работа	-	-
— контрольная работа	-	-
Контроль:	0,66	0,66
в том числе:		
текущий контроль успеваемости	0,5	0,5
промежуточная аттестация	0,16	0,16
ВСЕГО ЧАСОВ:	72	72

Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Практическиезанятия	СРС			
5 семестр							
1	Тема 1. Основные уравнения динамики турбулентной атмосферы	2	2	6	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
2	Тема 2. Динамика свободной атмосферы	2	2	6	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
3	Тема 3. Поверхности раздела в атмосфере	2	2	6	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
	Текущий контроль успеваемости – 0,5						
4	Тема 4. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы при стационарных и горизонтально-однородных условиях	2	2	4	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
5	Тема 5. Приземный слой атмосферы	2	2	6	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
6	Тема 6. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	2	4	6	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
7	Тема 7. Турбулентность внутри фронтального слоя и в струйном течении	2	4	5,34	Выполнение практических работ	ПК-1	ПК-1.3
	Промежуточная аттестация – 0,16						
	Итого	14	18	39,34			
	Всего часов: 72						

4.3. Содержание дисциплины

Таблица 4. Содержание дисциплины

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Основные уравнения динамики турбулентной	Силы, действующие в атмосфере. Мгновенные значения метеорологических величин, их средние значения и турбулентные флуктуации. Спектр скорости ветра в	ПК-1

№	Наименование темы дисциплины	Содержание	Компетенция
	атмосферы	приземном слое. Осреднение физических полей и уравнений. Выбор периода осреднения. Уравнения движения, неразрывности, переноса тепла, влаги и другой примеси в атмосфере для мгновенных и средних величин. Эффекты осреднения. Термические эффекты сжатия и расширения в турбулентных вихрях при их вертикальных перемещениях. Критерии статической устойчивости.Уравнения баланса кинетической энергии среднего движения и энергии турбулентности.	
2	Тема 2. Динамика свободной атмосферы	Движение без ускорения. Эффекты горизонтальной температурной неоднородности. Термический ветер. Агеострофические отклонения. Формирование вертикальных движений в свободной атмосфере. Волны Россби в зональном потоке. Стационарные центры действия атмосферы. Сохранение абсолютного и потенциального вихря.	ПК-1
3	Тема 3. Поверхности раздела в атмосфере	Поверхности раздела в атмосфере. Особенности полей ветра и давления в области фронта. Поле давления и скорости ветра в области фронта. Вертикальные скорости над поверхностями раздела.	ПК-1
4	Тема 4. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы при стационарных и горизонтально-однородных условиях	Модели замыкания системы уравнений для ППС. Малопараметрические модели ППС с априорным профилем коэффициента турбулентности. Численные модели пограничного слоя атмосферы. Взаимодействие ППС со свободной атмосферой. Вертикальные скорости на верхней границе ППС.	ПК-1
5	Тема 5. Приземный слой атмосферы	Приземный подслой (теория подобия и нелинейная модель) и вертикальные профили характеристик турбулентности и метеопараметров при различных типах стратификации в атмосфере. Определение турбулентных потоков различных субстанций в приземном слое по данным градиентных наблюдений	ПК-1
6	Тема 6. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	Общая постановка задачи. Суточные колебания метеорологических параметров, модель суточного хода температуры. Непериодические изменения, ночное понижение температуры поверхности почвы.	ПК-1
7	Тема 7. Турбулентность внутри фронтального слоя и в струйном течении	Модель вертикального распределения скорости внутри фронтального слоя. Определение толщины фронтального слоя и средней энергии турбулентности в области фронта. Толщина и энергия турбулентности струйного течения.	ПК-1

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание практических занятий

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе самостоятельной подготовки
1	Практическая работа №1. Анализ размерностей в задачах метеорологии	4	2
2	Практическая работа №2. Гипотезы замыкания в моделях турбулентности	4	2
3	Практическая работа №3. Поверхности раздела	4	2

4	Практическая работа №4. Вертикальные движения в свободной атмосфере. Фронтальные поверхности в свободной атмосфере	4	2
5	Практическая работа №5. Вертикальные профили метеоэлементов и турбулентные потоки количества движения, тепла и влаги в приземном слое. Расчёт фрикционных вертикальных скоростей	4	2
6	Практическая работа №6. Расчет лучистых потоков и притоков тепла	4	2
6	Практическая работа №7. Суточные колебания температуры воздуха и ночное понижение температуры поверхности почвы.	4	2
7	Практическая работа №8 Спираль Экмана и характеристики турбулентности в пограничном слое. Интегральные характеристики пограничного слоя атмосферы	6	4
7	Практическая работа №9 Турбулентность внутри фронтальной зоны	6	4
	Всего:	40	22

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

Электронный учебный курс «Динамика атмосферных процессов и их влияние на безопасность полётов» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moodle.rshu.ru/course/view.php?id=4106

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

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 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

Учет успеваемости	Количество баллов
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	Выполнение практических работ №1-9	18	36
1.1.1	Практическая работа №1. Анализ размерностей в задачах метеорологии	2	4
1.1.2	Практическая работа №2. Гипотезы замыкания в моделях турбулентности	2	4
1.1.3	Практическая работа №3. Поверхности раздела	2	4
1.1.4	Практическая работа №4. Вертикальные движения в свободной атмосфере. Фронтальные поверхности в свободной атмосфере	2	4
1.1.5	Практическая работа №5. Вертикальные профили метеоэлементов и турбулентные потоки количества движения, тепла и влаги в приземном слое. Расчёт фрикционных вертикальных скоростей	2	4
1.1.6	Практическая работа №6. Расчет лучистых потоков и притоков тепла	2	4
1.1.7	Практическая работа №7. Суточные колебания температуры воздуха и ночное понижение температуры поверхности почвы.	2	4
1.1.8	Практическая работа №8 Спираль Экмана и характеристики турбулентности в пограничном слое. Интегральные характеристики пограничного слоя атмосферы	2	4
1.1.9	Практическая работа №9 Турбулентность внутри фронтальной зоны	2	4
1.2	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний	2	4
1.2.1	Тест (Min – 30-49% правильных ответов, max -85-100% правильных ответов)	2	4
Итого баллов по обязательной части		20	40
2.	Вариативнаячасть		
2.1	Тест на проверку остаточных знаний (Min – 30-49% правильных ответов, max -85-100% правильных ответов)	2	10
2.1.1	базовый уровень сложности	2	5
2.1.2	продвинутый уровень сложности	5	10
2.2	Учебное задание продвинутого уровня	20	40
2.2.1	Рассчетное задание повышенной сложности №1: Вычислить ускорение циркуляции по контуру, образован ному двумя изобарами с давлением 1000 и 990 гПа и двумя вер тикалями, если средняя температура выделенного слоя над пер вой точкой равна 15 °С, а над второй точкой 10 °С.	5	10
2.2.2	Рассчетное задание повышенной сложности №2: Определить среднюю скорость бризовой циркуляции по контуру через 2 ч после ее возникновения, если циркуляция рас пространилась на слой от р 1 = 1000 гПа до р2 = 985 гПа по вер ли и на расстояние 50 км по горизонтали. Средний горизон ный градиент равен 1 °С/10 км	5	10
2.2.3	Рассчетное задание повышенной сложности №3: Найти время, за которое диссипация кинетической энергии будет составлять 10 % начального значения кинетической энергии. Для расчетов воспользоваться формулой Экмана.	5	10
2.2.4	Рассчетное задание повышенной сложности №4: Определить турбулентный поток тепла на поверхности суши, имеющей температуру —10 °С, на расстоянии 25 км от берега, если температура поверхности моря, с которого поступает воздух, 2°С. Скорость ветра и коэффициент турбулентности на высоте 1 м соответственно равны 10 м/с и 0,15 м2/с. Термическая стратификация устойчивая.	5	10
2.3	Научный доклад с презентацией по темам дисциплины на студенческой конференции «Метеорология без границ»	2	5
2.4	Подготовка доклада с презентацией для цикла научно-популярных лекций «Метеорологические среды» (не более одного)	5	10
2.5	Участие в олимпиаде (физика, математика, метеорология)	5	10
2.5.1	участие	5	5

2.5.2	призер	10	10
2.6	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	5	10
2.7	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.7.1	участие	20	20
2.7.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
Итого баллов по вариативной части		20	60
Итогобалловподисциплине		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 «Динамика атмосферных процессов и их влияние на безопасность полётов».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Егоров К.Л., Еремина Н.С. Методические указания по дисциплине «Динамическая метеорология» для высших учебных заведений. Направление подготовки 05.03.05. – Прикладная гидрометеорология. – СПб.: РГГМУ, 2018. – 44 с. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_259a97ad80c44ed984c03ef2c21dabcd.pdf

Дополнительная литература

1. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т.1 и 2. – М.: Мир, 1984. – Т.1. 400 с.; Т.2. 411 с.
2. Русин И.Н. Динамическая метеорология. (ознакомительный курс). Курс лекций. Санкт-Петербург. РГГМУ. 2008 г. – 274 с.
3. Динамика атмосферы: учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Гидрометеорология" и специальностям "Метеорология" и "Метеорология специального назначения"[под общ. ред. С. С. Суворова и В. В. Клёмина] / Воен.-косм. акад. им. А. Ф. Можайского. - Санкт-Петербург: Наука, 2013. – 420 с.
4. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии/Лекции для аспирантов и студентов старших курсов метеорологических специальностей и научных работников. М.: ТРИАДА ЛТД, Москва, 2013. - 160 с. http://method.meteorf.ru/publ/books/lectures/lectures.pdf .
5. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т.1 и 2.–М.: Мир, 1986.– Т.1.397 с.; Т.2.415 с.
6. Гандин Л.С., Лайхтман Д.Л., Матвеев Л.Т., Юдин М.И. Основы динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1955.
7. Задачник по динамической метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 166 с. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213163549.pdf

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Электронный ресурс - Учебные ресурсы для сообщества Geoscience. Режим доступа: https://www.meted.ucar.edu/
2. Электронный ресурс - Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии/Лекции для аспирантов и студентов старших курсов метеорологических специальностей и научных работников. М.: ТРИАДА ЛТД, Москва, 2013. - 160 с. Режим доступа: http://method.meteorf.ru/publ/books/lectures/lectures.pdf
3. Электронныйресурс Program in Atmospheres, Oceans and Climat/ Режимдоступа: http://eaps-www.mit.edu/paoc/

8.3. Перечень программного обеспечения

Операционная система windows
Пакет MicrosoftOffice

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

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) «Elibrary» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elibrary.ru/

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийной техникой, обеспечивающей тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, служащей для представления учебной информации,

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей 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.