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

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:<br>– практическими навыками интегрирования дифференциальных уравнений и решения задач по определению значений физических параметров в конкретных метеорологических явлениях;<br>– навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;<br>– 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.