

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Кафедра метеорологии и охраны атмосферы

Авторы-составители: **Калинин Николай Александрович**

Рабочая программа дисциплины
ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ
Код УМК 60686

Утверждено
Протокол №7
от «12» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Динамическая метеорология

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **05.03.04** Гидрометеорология
направленность Метеорология

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Динамическая метеорология** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

05.03.04 Гидрометеорология (направленность : Метеорология)

ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 05.03.04 Гидрометеорология (направленность: Метеорология) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 7,8 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 7 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 252 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 98 |
| Проведение лекционных занятий | 42 |
| Проведение практических занятий, семинаров | 56 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 154 |
| Формы текущего контроля | Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (5) |
| Формы промежуточной аттестации | Зачет (7 триместр) Экзамен (8 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Динамическая метеорология. Первая часть.

Основные уравнения гидротермодинамики атмосферы. Термодинамические процессы атмосферы. Лучистая энергия. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы и их упрощение.

Раздел 1. Основные уравнения гидротермодинамики атмосферы

Предмет и задачи динамической метеорологии. Общая формулировка уравнения баланса. Уравнение баланса массы. Уравнения движения. Уравнение баланса внутренней энергии. Итоговые результаты.

Тема 1. Предмет и задачи динамической метеорологии

Особенности атмосферы, обуславливающие сложность происходящих в ней процессов. Масштабы метеорологических явлений.

Тема 2. Общая формулировка уравнения баланса. Уравнение баланса массы

Формулировка уравнений гидротермодинамики как уравнений баланса различных субстанций. Использование уравнения баланса массы для формулировки уравнения неразрывности и диффузии различных компонент воздуха.

Практическая работа 1. Вычисление градиентов и лапласианов

Технология расчетов и физическая сущность градиентов, лапласианов, дивергенции и завихренности.

Практическая работа 2. Связь между индивидуальной и локальной производными по времени

Технология и физическая сущность построения траекторий воздушных частиц на 12, 24 и 36 часов, а также прогностических карт (приземной, АТ700) на 24 и 36 часов; Выявление динамических признаков атмосферных фронтов.

Тема 3. Уравнения движения

Использование закона количества движения для формулировки уравнений движения. Уравнения движения в форме Навье-Стокса.

Тема 4. Уравнение баланса внутренней энергии. Итоговые результаты

Использование закона сохранения энергии для формулировки уравнения баланса внутренней энергии. Система уравнений гидротермодинамики для ламинарной атмосферы.

Раздел 2. Термодинамические процессы атмосферы

Уравнение первого начала термодинамики для идеальных газов. Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла. Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха. Условия статической устойчивости атмосферы. Уровень термической конвекции. Энергия неустойчивости. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха ниже уровня конденсации. Уровень конденсации. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха выше уровня конденсации.

Тема 5. Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла

Уравнение первого начала термодинамики для идеальных газов. Внутренняя энергия. Квазистатический процесс. Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла. Политропический, изохорический, изотермический, изобарический, адиабатический процессы. Потенциальная температура. Уравнение Пуассона.

Тема 6. Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха.

Работа расширения. Неустойчивые, устойчивые, равновесные состояния атмосферы.

Тема 7. Условия статической устойчивости атмосферы. Уровень термической конвекции.
Работа против силы трения. Начальный перегрев. Мера кинетической энергии конвективных движений.

Тема 8. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха ниже уровня конденсации
Характеристики влажности атмосферы. Уравнения Клаузиуса-Клапейрона.

Тема 9. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха выше уровня конденсации
Высота нижней границы облаков. Влажноадиабатический градиент.

Раздел 3. Лучистая энергия
Основные характеристики радиации. Закон Ламберта – Буге. Уравнения переноса радиации.

Тема 10. Основные характеристики радиации. Закон Ламберта – Буге
Интенсивность монохроматического излучения. Монохроматический поток радиации. Полный поток радиации. Коэффициент ослабления. Коэффициент излучения.

Тема 11. Уравнения переноса радиации.
Перенос длинноволновой радиации. Перенос коротковолновой радиации. Интегрирование уравнений переноса радиации.

Практическая работа 3. Расчет потоков и притоков коротковолновой радиации в атмосфере
Определение радиационного баланса на разных уровнях и для системы Земля – атмосфера в целом, а также лучистых притоков тепла в атмосфере.

Итоговое контрольное мероприятие
На данном контрольном мероприятии проверяются знания, полученные при изучении разделов 1-4.

Раздел 4. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы и их упрощение
Понятие о турбулентности. Возникновение турбулентности. Методы осреднения. Уравнение для осредненных величин. Связь турбулентных потоков с осредненными полями. Осредненные уравнения гидротермодинамики атмосферы. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Упрощение уравнений гидротермодинамики атмосферы.

Тема 12. Понятие о турбулентности. Возникновение турбулентности. Методы осреднения.
Турбулентное движение. Ламинарный режим. Критерий Рейнольдса. Эргодическая гипотеза.

Тема 13. Уравнение для осредненных величин. Связь турбулентных потоков с осредненными полями. Осредненные уравнения гидротермодинамики атмосферы
Связь пульсаций с соответствующими сглаженными величинами. Коэффициент турбулентного обмена. Сглаженные уравнения движения, неразрывности, притока тепла и диффузии.

Практическая работа 4. Упрощение уравнений гидротермодинамики атмосферы
Порядок величины элемента. Среднеквадратические значения метеорологических величин. Составляющие геострофического ветра. Уравнение статики.

Динамическая метеорология. Вторая часть.
Динамика свободной атмосферы. Вихревые движения в атмосфере. Волновые движения атмосферы. Поверхности раздела в свободной атмосфере. Пограничный слой атмосферы. Энергетика атмосферы.

Раздел 5. Динамика свободной атмосферы

Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям. Движение при чисто круговых изобарах. Геострофический ветер. Отклонение ветра от геострофического. Вертикальные движения. Изменение геострофического ветра с высотой. Геострофическая адвекция температуры.

Практическая работа 5. Расчет потоков и притоков длинноволновой радиации в атмосфере
Расчет потоков и притоков радиации в атмосфере.

Тема 14. Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям. Движение при чисто круговых изобарах

Цилиндрическая система координат. Движение на фиксированной высоте. Градиентный ветер.

Тема 15. Геострофический ветер.

Сила барического градиента. Сила Кориолиса. Направление геострофического ветра в северном и южном полушарии.

Практическая работа 6. Определение скорости и направления геострофического ветра
Модуль геострофического ветра. Составляющие геострофического ветра.

Практическая работа 7. Расчет геострофической адвекции температуры

Трансформационные изменения температуры. Динамические изменения температуры. Адвективные изменения температуры. Геострофическая и агеострофическая адвекция температуры.

Практическая работа 8. Построение градиентной линейки

Построение градиентной линейки.

Тема 16. Отклонение ветра от геострофического. Вертикальные движения

Горизонтальная неоднородность и нестационарность поля давления. Агеострофические отклонения. Фактический и геострофический ветер.

Тема 17. Изменение геострофического ветра с высотой

Изменение поля давления под влиянием температуры. Термический ветер. Составляющие горизонтального градиента температуры и скорости термического ветра. Изменение ветра с высотой в циклоне.

Раздел 6. Вихревые движения в атмосфере

Вихрь скорости ветра. Абсолютный вихрь. Уравнение вихря скорости ветра. Качественный анализ условий образования и эволюции синоптических вихрей. Закономерности зарождения и эволюции синоптических вихрей. Муссонная циркуляция. Вихревые движения на фронтах.

Тема 18. Вихрь скорости ветра. Абсолютный вихрь

Составляющие вихря скорости ветра. Вертикальная составляющая вихря скорости. Движение воздуха в циклоне и антициклоне. Положительная и отрицательная завихренность. Планетарный вихрь. Относительный вихрь. Энстрофия.

Тема 19. Уравнение вихря скорости ветра.

Дифференцирование уравнений движения. Адвекция вихря. Конвекция вихря. Меридиональный перенос воздушной массы и вихря. Дивергенция горизонтальной скорости ветра. Изменение вертикальной скорости по горизонтали. Бароклинный фактор. Составляющие силы турбулентной вязкости.

Тема 20. Качественный анализ условий образования и эволюции синоптических вихрей
Дифференцирование уравнений движения. Адвекция вихря. Конвекция вихря. Меридиональный перенос воздушной массы и вихря. Дивергенция горизонтальной скорости ветра. Изменение вертикальной скорости по горизонтали. Бароклинный фактор. Составляющие силы турбулентной вязкости.

Тема 21. Закономерности зарождения и эволюции синоптических вихрей
Роль бароклинного фактора. Тропические циклоны. Внутритропическая зона конвергенции. Субтропические антициклоны.

Тема 22. Муссонная циркуляция.
Разности температур между материками и океанами. Муссон. Схема муссонной циркуляции летом и зимой. Вихревое движение в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Схема циркуляции в районе теплого и холодного фронтов.

Раздел 7. Волновые движения атмосферы
Основные элементы волнового движения. Образование волновых движений в атмосфере. Классификация волновых движений. Виды неустойчивости в атмосфере.

Тема 22. Основные элементы волнового движения
Основные понятия, относящиеся к волновым движениям сплошной среды (воды и воздуха).

Тема 23. Образование волновых движений в атмосфере. Классификация волновых движений
Характеристика возникновения волновых процессов в атмосфере под влиянием периодической внешней силы. Классификация волновых движений, образующихся под влиянием сил различного происхождения

Тема 24. Неустойчивость волновых движений
Общие сведения о проявлении неустойчивости атмосферных движений. Виды неустойчивости в атмосфере.

Раздел 8. Поверхности раздела в свободной атмосфере
Формирование нерегулярностей в профиле температуры. Наклон поверхности раздела двух воздушных масс. Модель стационарного фронта.

Тема 25. Формирование нерегулярностей в профиле температуры.
Резкое изменение монотонного хода одного или нескольких метеорологических величин. Схема формирования нерегулярностей в профиле температуры. Введение поверхностей разрыва. Фронт. Положение воздушных масс, фронтальной поверхности и фронта. Динамическое условие.

Тема 26. Наклон поверхности раздела двух воздушных масс. Модель стационарного фронта
Условия стационарности фронтальной поверхности. Формула Маргулеса. Возможные варианты циркуляции у фронта.

Раздел 9. Пограничный слой атмосферы
Система уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы. Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы ($k = \text{const}$).

Тема 27. Система уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы
Пограничный слой атмосферы. Условия стационарности и горизонтальной однородности.

Тема 28. Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы ($k = \text{const}$)

Определение коэффициента турбулентного обмена. Универсальная спираль Экмана. Профиль температуры в пограничном слое атмосферы.

Практическая работа 9. Расчет и построение профилей скорости ветра, температуры воздуха и массовой доли водяного пара в ПСА в рамках однопараметрической модели ПСА ($k = \text{const}$)

Расчет составляющих скорости ветра, построение спирали Экмана, расчет и построение вертикальных профилей температуры воздуха и массовой доли водяного пара в ПСА.

Практическая работа 10. Определение средних в ПСА характеристик турбулентности в однопараметрической модели ПСА ($k = \text{const}$)

Расчет средних в ПСА коэффициентов турбулентности и диссипации, а также высоты ПСА.

Раздел 10. Энергетика атмосферы

Энергетика ламинарного потока. Энергетика турбулентного потока. Трансформация кинетической энергии. Доступная потенциальная энергия.

Тема 29. Энергетика ламинарного потока

Кинетическая энергия горизонтальных движений. Потенциальная энергия. Внутренняя энергия. Энергия фазовых переходов. Лучистая энергия. Уравнения баланса. Диаграмма энергетических преобразований в атмосфере.

Итоговое контрольное мероприятие

Энергетика ламинарного потока. Энергетика турбулентного потока. Трансформация кинетической энергии. Доступная потенциальная энергия.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Закинян, Р. Г. Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 159 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63082.html>

2. Калинин Н. А., Связов Е. М. Динамическая метеорология: практикум : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Гидрометеорология"/Н. А. Калинин, Е. М. Связов.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2017, ISBN 978-5-7944-2934-3.-1.-Библиогр.: с. 74-75 <https://elis.psu.ru/node/440388>

Дополнительная:

1. Семенченко Б. А. Физическая метеорология: Учеб. для вузов/Б. А. Семенченко.-М.:Аспект Пресс,2002, ISBN 5-7567-0167-2.-415.-Библиогр.: с. 405-411

2. Калинин Н. А. Динамическая метеорология: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Гидрометеорология", специальности "Метеорология"/Н. А. Калинин.- Пермь:Перм. кн. изд-во,2009, ISBN 978-5-904037-06-2.-256.-Библиогр.: с. 237-244

3. Матвеев, Л. Т. Облака и вихри - основа колебаний погоды и климата / Л. Т. Матвеев, Ю. Л. Матвеев. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2005. — 326 с. — ISBN 5-86813-162-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17947>

4. Учение об атмосфере : учебное пособие / А. И. Байтелова, Т. Ф. Тарасова, М. Ю. Гарицкая, О. В. Чекмарева. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 125 с. — ISBN 978-5-7410-1501-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69963.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

meteoinfo.ru Гидрометцентр России

meteof.ru Росгидромет

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Динамическая метеорология** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий)
2. Доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
3. Доступ в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Офисный пакет приложений

Дисциплина не предусматривает использования специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия

Аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)

Аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Групповые (индивидуальные) консультации

Аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль и промежуточная аттестация

Аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа

Аудитория для самостоятельной работы, оснащённая компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Динамическая метеорология**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

| Компетенция | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|--|--|---|
| <p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p> | <p>Знать: общие принципы механики атмосферы; термодинамические процессы, происходящие в атмосфере; основные характеристики радиации; основные особенности турбулентных движений; механизмы формирования и изменения геострофического и градиентного ветра; вывод уравнения вихря скорости ветра, механизмы возникновения и развития муссонной циркуляции; основные элементы волнового движения; принципы формирования нерегулярностей в профиле температуры; механизмы формирования процессов в пограничном слое атмосферы (ПСА); механизмы энергетических преобразований в атмосфере.</p> <p>Уметь: выводить уравнения гидротермодинамики атмосферы для ламинарного потока; определять уровень конденсации; определять перенос длинноволновой и коротковолновой радиации в атмосфере; выводить уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы; выводить уравнения динамики свободной атмосферы; рассчитывать завихренность в</p> | <p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не умеет определять перенос радиации в атмосфере, завихренность, выводить уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы и не способен производить их упрощения, систему уравнений пограничного слоя атмосферы, выводить и анализировать уравнение вихря скорости ветра.</p> <p>Не знает механизмы энергетических преобразований в атмосфере, возникновения и развития муссонной циркуляции, формирования и изменения геострофического и градиентного ветра, понимает механизмы формирования процессов в ПСА.</p> <p>Не способен определять наклон поверхности раздела двух воздушных масс, выводить уравнения гидротермодинамики атмосферы. Отсутствуют навыки работы с моделью стационарного фронта.</p> <p>Не владеет методами расчета потоков и притоков радиации в атмосфере.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Умеет определять завихренность, выводить отдельные уравнения гидротермодинамики для ламинарной и турбулентной атмосферы, не способен производить их упрощения.</p> <p>Умеет выводить уравнение вихря скорости ветра, но не способен производить анализ отдельных его членов. Умеет выводить систему уравнений пограничного слоя атмосферы. Затрудняется в анализе механизмов энергетических и термодинамических преобразований в атмосфере, возникновения и развития муссонной циркуляции, формирования и</p> |

| Компетенция | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-------------|---|--|
| | <p>атмосфере; рассчитывать степень неустойчивости волновых движений; определять наклон поверхности раздела двух воздушных масс; выводить систему уравнений, описывающих строение ПСА; рассчитывать различные виды энергии в атмосфере.</p> <p>Владеть: методикой построения системы уравнений гидротермодинамики как уравнений баланса различных субстанций; методикой расчета уровня термической конвекции; методами расчета потоков и притоков радиации в атмосфере; методикой упрощения уравнений гидротермодинамики атмосферы; методикой расчета геострофической адвекции температуры; методикой анализа условий образования и эволюции синоптических вихрей; методикой использования теории гидродинамической неустойчивости в прогнозе погоды; методикой расчета интенсивности фронтогенеза и фронтолиза; методикой работы с однопараметрической моделью ПСА; методикой построения диаграммы энергетических преобразований в атмосфере.</p> | <p>Удовлетворительн</p> <p>изменения геострофического и градиентного ветра, понимает механизмы формирования процессов в ПСА</p> <p>Способен определять наклон поверхности раздела двух воздушных масс.</p> <p>Имеет навыки работы с моделью стационарного фронта.</p> <p>Умеет определять перенос длинноволновой и коротковолновой радиации в атмосфере, но не владеет методами расчета потоков и притоков радиации в атмосфере.</p> <p>Хорошо</p> <p>Умеет определять перенос длинноволновой и коротковолновой радиации в атмосфере, завихренность, при выводе уравнений гидротермодинамики для для ламинарной и турбулентной атмосферы, их упрощении, системы уравнений пограничного слоя атмосферы, уравнения вихря скорости ветра затрудняется в определении некоторых промежуточных преобразований.</p> <p>Знает термодинамические процессы, происходящие в атмосфере, механизмы энергетических преобразований в атмосфере, возникновения и развития муссонной циркуляции, формирования и изменения геострофического и градиентного ветра, понимает механизмы формирования процессов в ПСА</p> <p>Способен определять наклон поверхности раздела двух воздушных масс.</p> <p>Имеет навыки работы с моделью стационарного фронта.</p> <p>Владеет методами расчета потоков и притоков радиации в атмосфере.</p> <p>Отлично</p> <p>Умеет определять перенос длинноволновой и коротковолновой радиации в атмосфере, завихренность, выводить уравнения гидротермодинамики для ламинарного потока, турбулентной атмосферы и способен производить их упрощения, систему уравнений пограничного слоя атмосферы, выводить и анализировать уравнение вихря</p> |

| Компетенция | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-------------|---------------------------------|--|
| | | <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>скорости ветра. Знает термодинамические процессы, происходящие в атмосфере, механизмы энергетических преобразований в атмосфере, возникновения и развития муссонной циркуляции, формирования и изменения геострофического и градиентного ветра, понимает механизмы формирования процессов в ПСА Способен определять наклон поверхности раздела двух воздушных масс. Имеет навыки работы с моделью стационарного фронта. Владеет методами расчета потоков и притоков радиации в атмосфере.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 1

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

| Компетенция | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|--|---|
| Входной контроль | Тема 2. Общая формулировка уравнения баланса. Уравнение баланса массы Входное тестирование | Основы динамики атмосферы. Тепловое состояние атмосферы. Вода в атмосфере. Статика атмосферы Термодинамика атмосферы |
| ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин | Практическая работа 2. Связь между индивидуальной и локальной производными по времени Письменное контрольное мероприятие | Уметь выводить уравнения движения Уметь выводить уравнение баланса внутренней энергии Уметь выводить уравнение баланса субстанции а в дивергентной форме Уметь выводить уравнение баланса массы |
| ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин | Практическая работа 3. Расчет потоков и притоков коротковолновой радиации в атмосфере Письменное контрольное мероприятие | Уметь анализировать связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла и изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха Уметь выводить формулы по определению уровней термической конвекции и конденсации Уметь определять условия статической устойчивости атмосферы |

| Компетенция | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|---|
| ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин | Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие | Уметь выводить уравнения переноса длинноволновой и коротковолновой радиации. Уметь выводить уравнения, характеризующих перенос радиации по вертикали. Уметь выводить формулы для определения скорости изменения парциального давления, давления насыщенного водяного пара, относительной влажности ниже уровня конденсации и формул для относительного изменения характеристик влажности и температуры воздуха выше уровня конденсации. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 2. Общая формулировка уравнения баланса. Уравнение баланса массы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| За каждый верный ответ на один из 10 вопросов – 1 балл. Всего максимально 10 баллов за ответы на все вопросы. | 10 |

Практическая работа 2. Связь между индивидуальной и локальной производными по времени

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| При ответе на вопрос «Уравнения движения» – вывод уравнения движения сплошной среды, совпадающего по форме с общим уравнением баланса – 5 баллов; – преобразование уравнения движения сплошной среды, совпадающее по форме с общим уравнением баланса, с учетом вклада тензора напряжений и источников импульса – 4 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса внутренней энергии» – вывод окончательного вида уравнения баланса внутренней энергии – 9 баллов. | 9 |
| При ответе на вопрос «Общая формулировка уравнения баланса» – вывод уравнения баланса для любой субстанции с пояснением вклада каждого слагаемого в дивергентной форме – 4 балла. При ответе на вопрос «Уравнение баланса массы» – запись уравнения | 4 |

| | |
|---|---|
| неразрывности с учетом несжимаемости воздуха – 1 балл; – запись различных форм уравнения баланса в тензорной форме – 3 балла. | |
| При ответе на вопрос «Общая формулировка уравнения баланса» – вывод уравнения баланса для любой субстанции с пояснением вклада каждого слагаемого в дифференциальной форме – 4 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса массы» – вывод уравнения неразрывности, выражающего закон сохранения массы – 2 балла; – запись уравнения неразрывности с учетом формулы векторного анализа и понятием индивидуальной производной – 2 балла; | 4 |
| При ответе на вопрос «Уравнения движения» – запись уравнения движения с учетом несжимаемости воздуха – 1 балл; – вывод окончательно уравнения движения в форме Навье-Стокса – 2 балла. При ответе на вопрос «Уравнение баланса внутренней энергии» – формулировка главных видов энергии, играющих основную роль в динамике атмосферы, с записью преобразованного уравнения баланса для полной удельной энергии – 3 балла; | 3 |
| При ответе на вопрос «Уравнения движения» – запись формулы тензора напряжений с пояснением вклада каждого слагаемого – 3 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса внутренней энергии» – вывод уравнения баланса механической энергии – 3 балла; | 3 |
| При ответе на вопрос «Уравнения движения» – запись уравнения движения сплошной среды – 3 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса внутренней энергии» – запись уравнения баланса для полной удельной энергии – 3 балла; | 3 |
| При ответе на вопрос «Общая формулировка уравнения баланса» – вывод уравнения баланса для любой субстанции с пояснением вклада каждого слагаемого в интегральном виде – 2 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса массы» – формулировка фундаментального закона сохранения массы – 1 балл; – запись уравнения баланса для отдельной компоненты воздуха – 1 балл; | 2 |
| При ответе на вопрос «Уравнения движения» – запись формул для источников импульса – 2 балла; При ответе на вопрос «Уравнение баланса внутренней энергии» – запись уравнений баланса лучистой энергии и энергии фазовых переходов воды – 2 балла; | 2 |

Практическая работа 3. Расчет потоков и притоков коротковолновой радиации в атмосфере

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| При ответе на вопрос «Уровень термической конвекции» – вывод формулы для определения уровня, где температура частицы становится равной температуре окружающей среды – 6 балла; – вывод формулы для определения уровня, где обращается в нуль вертикальная составляющая скорости частицы – 7 балла. При ответе на вопрос «Условия статической | 13 |

| | |
|--|---|
| устойчивости атмосферы»– исследование условий осуществления различных типов стратификации атмосферы – 13 баллов. | |
| При ответе на вопрос «Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла» – вывод соотношений для аппроксимации реальных атмосферных процессов – 5 баллов;– получение формулы, отражающей связь между основными термодинамическими величинами при адиабатическом процессе – 2 балла;– определение и запись формулы для потенциальной температуры – 2 балла. При ответе на вопрос «Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха» – запись количественных соотношений в случае, когда поднятие воздушной массы происходит неадиабатически – 3 балла;– вывод формулы для определения изменения с высотой потенциальной температуры – 3 балла;– запись различных форм уравнения баланса в тензорной форме – 3 балла. | 9 |
| При ответе на вопрос «Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла» – интегрирование уравнений притока тепла в двух эквивалентных формах – 5 баллов;– определение политропического процесса – 1 балл. При ответе на вопрос «Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха» – вывод формулы для определения сухоадиабатического градиента – 6 баллов. | 6 |
| При ответе на вопрос «Уровень термической конвекции»– определение термической конвекции – 2 балла;При ответе на вопрос «Условия статической устойчивости атмосферы»– определение трех типов состояния устойчивости атмосферы – 2 балла; | 2 |

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|--------------|
| При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха ниже уровня конденсации»:– вывод формулы для определения скорости изменения с высотой давления насыщенного водяного пара – 10 баллов;При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха выше уровня конденсации»:– вывод формулы для определения скорости изменения с высотой температуры воздуха с учетом всех видов притока тепла – 10 баллов. | 10 |
| При ответе на вопрос «Уравнения переноса радиации»:– запись уравнения переноса радиации для определения интенсивности восходящей и нисходящей монохроматической радиации с пояснением физического смысла первых трех слагаемых– 10 баллов;При ответе на вопрос «Перенос длинноволновой радиации в атмосфере»:– запись формул для определения эффективной поглощающей массы с пояснением их физического смысла – 10 | 10 |

| | |
|--|---|
| баллов; При ответе на вопрос «Перенос коротковолновой радиации в атмосфере»:– объяснение физического смысла многократного рассеяния – 10 баллов. | |
| При ответе на вопрос «Уравнения переноса радиации»:– объяснение физического смысла четвертого слагаемого в уравнении переноса радиации – 7 баллов; При ответе на вопрос «Перенос длинноволновой радиации в атмосфере»:– запись исходных уравнений для определения переноса длинноволновой радиации в атмосфере – 7 баллов; При ответе на вопрос «Перенос коротковолновой радиации в атмосфере»:– запись исходных уравнений для определения переноса коротковолновой радиации в атмосфере – 7 баллов. | 7 |
| При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха ниже уровня конденсации»:– вывод формулы для определения скорости изменения с высотой парциального давления водяного пара – 7 баллов; При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха выше уровня конденсации»:– вывод формулы для определения влажноадиабатического градиента – 7 баллов. | 7 |
| При ответе на вопрос «Уравнения переноса радиации»:– запись конечных уравнений, характеризующих перенос радиации по вертикали – 3 балла. При ответе на вопрос «Перенос длинноволновой радиации в атмосфере»:– запись окончательной формы уравнений для определения переноса длинноволновой радиации в атмосфере – 3 балла. При ответе на вопрос «Перенос коротковолновой радиации в атмосфере»:– запись окончательной формы уравнений для определения переноса коротковолновой радиации в атмосфере – 3 балла. | 3 |
| При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха ниже уровня конденсации»:– вывод формулы для определения скорости изменения с высотой относительной влажности – 3 балла. При ответе на вопрос «Изменение характеристик поднимающегося влажного воздуха выше уровня конденсации»:– запись формулы для определения относительного изменения с высотой массовой доли водяного пара в состоянии насыщения и давления насыщенного водяного пара – 3 балла. | 3 |

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

| Компетенция | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|---|
| <p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p> | <p>Практическая работа 6. Определение скорости и направления геострофического ветра Письменное контрольное мероприятие</p> | <p>Понятие о турбулентном состоянии атмосферы и методах осреднения. Умение выводить уравнение для осредненных величин. Умение выводить формулы для определения турбулентных потоков. Умение выводить осредненные уравнения гидротермодинамики атмосферы. Умение получать уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям, формул для определения градиентного и геострофического ветра.</p> |
| <p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p> | <p>Практическая работа 7. Расчет геострофической адвекции температуры Письменное контрольное мероприятие</p> | <p>Умение определять отклонения ветра от геострофического. Знать факторы, вызывающие вертикальные движения воздуха. Способность определять изменение геострофического ветра с высотой. Владеть понятием вихрь скорости ветра. Умение получать формулу для расчета переносного вихря.</p> |
| <p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p> | <p>Тема 24. Неустойчивость волновых движений Письменное контрольное мероприятие</p> | <p>Способность рассчитывать слагаемые уравнения вихря скорости ветра. Способность произвести качественный анализ условий образования и эволюции синоптических вихрей. Знание закономерностей зарождения и эволюции синоптических вихрей. Понимание механизма муссонной циркуляции. Знание основных элементов волнового движения. Владеть схемами образования волновых движений в атмосфере. Знать классификацию волновых движений. Способность выделять неустойчивости в атмосфере.</p> |

| Компетенция | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|---|
| <p>ПК.7 владеть теоретическими основами профильных гидрометеорологических дисциплин</p> | <p>Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие</p> | <p>Знание механизмов формирования нерегулярностей в профиле температуры. Умение выводить формулу наклона поверхности раздела двух воздушных масс. Умение формулировать модель стационарного фронта. Умение получать систему уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы. Знание однопараметрической модели пограничного слоя атмосферы. Способность получать уравнения баланса кинетической, потенциальной и внутренней энергии ламинарного потока.</p> |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Практическая работа 6. Определение скорости и направления геострофического ветра

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **26**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| <p>При ответе на вопрос «Понятие о турбулентности. Возникновение турбулентности. Методы осреднения»:– определение и общая характеристика турбулентности – 2 балла;– характеристика физической картины возникновения турбулентности – 5 баллов;– определение эргодической гипотезы, вывод выражения для средних по времени величин – 6 баллов. При ответе на вопрос «Уравнение для осредненных величин»:– формулировка задачи – 3 балла;– вывод уравнения для осредненных величин – 10 баллов. При ответе на вопрос «Связь турбулентных потоков с осредненными полями»:– вывод формулы для определения турбулентных потоков для частного случая, когда рассматриваются потоки только в горизонтальной плоскости – 5 баллов;– обобщения полученных формул для всех трех координат – 8 баллов. При ответе на вопрос «Осредненные уравнения гидротермодинамики атмосферы»:– вывод уравнения неразрывности – 4 балла;– вывод уравнений движения – 5 баллов;– вывод уравнения притока тепла – 4 балла.</p> | 13 |
| <p>При ответе на вопрос «Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям»:– вывод системы уравнений для случая изобар, близких к окружностям – 6 баллов;– вывод системы уравнений для случая изобар, близких к окружностям в первом приближении – 4</p> | 10 |

| | |
|--|---|
| балла. При ответе на вопрос «Движение при чисто круговых изобарах»:– вывод уравнения для расчета скорости ветра в случае чисто круговых изобар – 2 балла;– градиентный ветер в циклонах – 4 балла;– градиентный ветер в антициклонах – 4 балла. При ответе на вопрос «Геострофический ветер»:– определение градиентного ветра в декартовой системе координат – 5 баллов;– схема градиентного ветра в различных полушариях Земного шара – 5 баллов. | |
| При ответе на вопрос «Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям»:– формулировка задачи – 3 балла. При ответе на вопрос «Движение при чисто круговых изобарах»:– вывод формулы для определения градиентного ветра – 3 балла. При ответе на вопрос «Геострофический ветер»:– определение геострофического ветра – 1 балл;– рабочие формулы для расчета градиентного ветра – 2 балла. | 3 |

Практическая работа 7. Расчет геострофической адвекции температуры

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **22**

Проходной балл: **10**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| При ответе на вопрос «Изменение геострофического ветра с высотой (теория вопроса)»: – определение причин изменения с высотой горизонтального поля давления – 3 балла;– вывод формул для определения составляющих термического ветра – 8 баллов. При ответе на вопрос «Вихрь скорости ветра»: – определение и формула для расчета вихря скорости ветра – 3 балла;– схема движения воздуха в циклоне – 4 балла;– схема движения воздуха в антициклоне – 4 балла. При ответе на вопрос «Абсолютный вихрь»: – определение и формула для расчета переносного вихря – 5 баллов;– определение и формула для расчета абсолютного вихря – 6 баллов. | 11 |
| При ответе на вопрос «Отклонение ветра от геострофического»: – количественные соотношения и схема для определения составляющих ускорения и геострофических отклонений ветра – 5 баллов;– схема для определения направления вектора агеострофических отклонений – 6 баллов. При ответе на вопрос «Вертикальные движения»: – формулировка задачи – 2 балла;– формулировка граничных условий по высоте – 2 балла;– вывод формулы, содержащей 2 основных фактора, определяющих поле вертикальных движений в свободной атмосфере – 7 баллов. При ответе на вопрос «Изменение геострофического ветра с высотой (частные случаи)»: – первый вариант изменения геострофического ветра с высотой в поле температуры – 2 балла;– второй вариант изменения геострофического ветра с высотой в поле температуры – 2 балла;– третий вариант изменения геострофического ветра с высотой в поле температуры – 2 | 11 |

| | |
|---|--|
| балла;– четвертый вариант изменения геострофического ветра с высотой в поле температуры – 2 балла;– схема изменения геострофического ветра с высотой в циклоне в разных его частях – 3 балла. | |
|---|--|

Тема 24. Неустойчивость волновых движений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **26**

Проходной балл: **11**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|--------------|
| При ответе на вопрос «Основные элементы волнового движения»:– определение волны и волнового профиля – 3 балла;– определение основных характеристик волн – 5 баллов;– определение периода и фазы волн – 5 баллов.При ответе на вопрос «Образование волновых движений в атмосфере»:– схема образования волновых движений до положения «В» – 4 балла;– схема образования волновых движений до положения «С» – 4 балла;– схема образования волновых движений до положения «D» – 3 балла;– дальнейшие возможные варианты развития волновых движений – 2 балла.При ответе на вопрос «Классификация волновых движений»:– классификация волновых движений по генетическому признаку – 8 баллов;– классификация волновых движений по роду волн – 5 баллов.При ответе на вопрос «Виды неустойчивости в атмосфере»:– статическая неустойчивость – 3 балла;– гидродинамическая неустойчивость – 3 балла;– статическая неустойчивость – 7 баллов. | 13 |
| При ответе на вопрос «Уравнение вихря скорости ветра»:– постановка задачи – 2 балла;– расчет первых трех слагаемых уравнения вихря – 6 баллов;– расчет оставшихся четырех слагаемых уравнения вихря – 5 баллов.При ответе на вопрос «Качественный анализ условий образования и эволюции синоптических вихрей»:– анализ первых трех слагаемых уравнения вихря – 10 баллов;– анализ оставшихся четырех слагаемых уравнения вихря – 5 баллов.При ответе на вопрос «Закономерности зарождения и эволюции синоптических вихрей»:– анализ первых четырех примеров зарождения и эволюции синоптических вихрей – 6 баллов;– анализ оставшихся четырех примеров зарождения и эволюции синоптических вихрей – 7 баллов.При ответе на вопрос «Муссонная циркуляция»:– определение муссона – 1 балл;– вывод уравнения вихря для горизонтальной его составляющей – 5 баллов;– построение схемы муссонной циркуляции для летнего периода с приведением соответствующих количественных соотношений и доказательств – 7 баллов. | 13 |

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **26**

Проходной балл: 11

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| <p>При ответе на вопрос «Система уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы»:– получение системы уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы – 11 баллов.При ответе на вопрос «Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы (определение профилей ветра, температуры воздуха и массовой доли водяного пара)»:– вывод уравнений для определения профилей ветра. Спираль Экмана – 8 баллов;– вывод уравнения для определения профиля температуры воздуха – 3 балла.При ответе на вопрос «Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы (определение высоты пограничного слоя атмосферы, коэффициента турбулентности и диссипации)»:– вывод формулы для расчета коэффициента турбулентности – 7 баллов;– вывод формулы для расчета диссипации – 4 балла.При ответе на вопрос «Энергетика ламинарного потока»:– вывод уравнения баланса кинетической энергии – 4 балла;– вывод уравнения баланса потенциальной энергии – 3 балла;– вывод уравнения баланса внутренней энергии – 4 балла.</p> | 11 |
| <p>При ответе на вопрос «Формирование нерегулярностей в профиле температуры»:– третий пример формирования нерегулярностей в профиле температуры – 3 балла;– определение поверхности разрыва – 2 балла;– определение фронта – 2 балла.При ответе на вопрос «Наклон поверхности раздела двух воздушных масс»:– вывод формулы для определения угла наклона атмосферного фронта – 7 баллов.При ответе на вопрос «Модель стационарного фронта»:– вывод формулы Маргулеса – 5 баллов;– анализ возможных циркуляций у фронта – 2 балла.</p> | 7 |
| <p>При ответе на вопрос «Формирование нерегулярностей в профиле температуры»:– первый пример формирования нерегулярностей в профиле температуры – 3 балла;– второй пример формирования нерегулярностей в профиле температуры – 3 балла.При ответе на вопрос «Наклон поверхности раздела двух воздушных масс»:– формулировка задачи – 3 балла;– анализ формулы для определения угла наклона атмосферного фронта – 3 балла.При ответе на вопрос «Модель стационарного фронта»:– вывод формулы для расчета угла наклона атмосферного фронта – 6 баллов.</p> | 6 |
| <p>При ответе на вопрос «Система уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы»:– определение пограничного слоя атмосферы – 2 балла.При ответе на вопрос «Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы (определение профилей ветра, температуры воздуха и массовой доли водяного пара)»:– вывод уравнения для определения профиля массовой доли водяного пара – 2 балла.При ответе на вопрос «Однопараметрическая модель пограничного слоя атмосферы (определение высоты пограничного слоя атмосферы, коэффициента турбулентности и диссипации)»:– вывод формулы для расчета высоты пограничного слоя атмосферы – 2 балла.При ответе на вопрос «Энергетика ламинарного потока»:– построение диаграммы энергетических</p> | 2 |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | |
| преобразований в атмосфере – 2 балла. | |