

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Декан геолого-географического
факультета



П.А. Тишин

« ___ » _____ 20__ г.

Протокол № 7 от 22 июня 2023

**Фонд оценочных средств
по дисциплине**

ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

Направление подготовки
05.03.04 Гидрометеорология

Профиль подготовки
Метеорология

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Томск-2023

Фонд оценочных средств соответствует ОС НИ ТГУ по направлению подготовки 05.03.04 Гидрометеорология, учебному плану направления подготовки 05.03.04 Гидрометеорология, направленности (профиля) «Метеорология» и рабочей программе по данной дисциплине.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине хранится на кафедре метеорологии и климатологии // опубликован в ЭИОС НИ ТГУ


Разработчик ФОС:

доцент кафедры метеорологии и климатологии, канд. геогр. наук Н.К. Барашкова

Экспертиза фонда оценочных средств проведена учебно-методической комиссией факультета, протокол № 7 от 22.06.2023 г.

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры метеорологии и климатологии, протокол № 144 от 26.06.2023 г.

Руководитель ОПОП

«Метеорология» _____  И.В. Кужевская

Заведующий кафедрой

метеорологии и климатологии _____  В.П. Горбатенко

Формируемые компетенции

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК – 1: Способность применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности

ОПК – 4: Способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ПК – 1: Способность применять на практике методы гидрометеорологического и экологического мониторинга, организовывать полевые и камеральные работы

Таблица 1 – Уровни освоения компетенций и критерии их оценивания

Компетенция	Результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания результатов освоения дисциплины			
		Повышенный (отлично)	Достаточный (хорошо)	Пороговый (удовлетворительно)	Допороговый (неудовлетворительно)
ОПК-1	ИОПК-1.3. Способен применять основные принципы механики, динамики, электродинамики и оптики при решении задач в практической и профессиональной деятельности	Владеет навыками применения математического аппарата в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик	Владеет навыками применения, но допускает незначительные ошибки	Владеет навыками применения, но допускает грубые ошибки	Не владеет умением применять основные принципы механики, динамики, электродинамики и оптики при решении задач в практической и профессиональной деятельности
ОПК-4	ИОПК-4.4. Способен создавать модели природных и техногенных объектов и процессов с использованием программного обеспечения профессиональной деятельности	Умеет создавать модели природных и техногенных объектов и процессов с использованием программного обеспечения деятельности	Владеет навыками создания моделей природных и техногенных объектов и процессов с использованием программного обеспечения, но допускает незначительные ошибки	Владеет навыками создания моделей, но допускает грубые ошибки	
ПК-1	ИПК-1.1. Способен уверенно применять накопленные знания о климатических и погодных явлениях региона обслуживания, понимает влияние	Способен уверенно применять накопленные знания о климатических и погодных явлениях региона обслуживания; понимает влияние погоды и климата на различные секторы экономики, включая уязвимость деятельности	Знает климатические и погодные явления региона обслуживания; понимает влияние погоды и климата на различные секторы экономики, включая уязвимость деятельности человека от	Способен применять знания, но допускает грубые ошибки	Не владеет навыками применения знаний климатических и погодных явлений региона обслуживания не понимает влияние погоды и климата на различные секторы экономики, включая

	погоды и климата на различные секторы экономики, включая уязвимость деятельности человека от опасных погодных явлений	человека от опасных погодных явлений	опасных погодных явлений, но допускает незначительные ошибки		уязвимость деятельности человека от опасных погодных явлений
--	---	--------------------------------------	--	--	--

Таблица 2 - Этапы формирования компетенции в курсе

№	Раздел дисциплины	Результаты освоения дисциплины	Оценочные средства
1	Тема 1. Введение	ИОПК-1.3	Устный опрос
2	Тема 2. Основные уравнения гидротермодинамики	ИОПК-1.3	Тестирование
3	Тема 3. Статика атмосферы	ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Тестирование
4	Тема 4. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной среды	ИОПК-1.3	Лабораторная работа
5	Тема 5. Термодинамические процессы в сухом воздухе	ИОПК-1.3	Коллоквиум
6	Тема 6. Термодинамические процессы во влажном воздухе	ИОПК-1.3	Коллоквиум
7	Тема 7. Крупномасштабные движения в свободной атмосфере	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4	Лабораторная работа
8	Тема 8. Лучистая энергия	ИОПК-4.4	Глоссарий
9	Тема 9. Промежуточная аттестация (зачет)	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	
10	Тема 10. Пограничные слои в атмосфере	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Лабораторная работа
11	Тема 11. Поверхности раздела и фронты	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Практическая работа
12	Тема 12. Некоторые вопросы мезометеорологии	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Лабораторная работа
13	Тема 13. Турбулентность в свободной атмосфере	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Контрольная работа
14	Тема 14. Волновые движения в атмосфере	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Устный опрос
15	Тема 15. Энергетика атмосферы	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Устный опрос
16	Тема 16. Турбулентная диффузия и перенос примесей в атмосфере	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Устный опрос
17	Тема 17. Итоговая аттестация (экзамен)	ИОПК-1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1	Экзамен

Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам

ИОПК-1.3

Устный опрос

Примерные вопросы

1. Почему производные метеорологических величин вычисляются методом конечных разностей?

2. Как вычислить значение и определить направление барического градиента по картам погоды?
3. Какие данные позволяют вычислить локальную, полную и конвективную производные? Каков их смысл?
4. Какие принципы положены в основу упрощения уравнений динамики атмосферы с помощью теории подобия?

Тестирование

Примерные вопросы тестовых заданий

1. Уравнение неразрывности показывает, что
 - скорость
 - масса
 воздушной частицы и ее
 - ускорение
 - плотность
 связаны определенным соотношением и не могут быть заданы произвольно – независимо друг от друга.
2. T_v
 - выше
 - равна
 - ниже
 обычной температуры воздуха.
3. Вектор центробежной силы направлен по радиусу круга
 - меридиана
 - широты
 - и
 - параллельно,
 - перпендикулярно
 земной оси.
4. Изменение давления с высотой при отсутствии вертикальных движений описывается уравнением:
 - движения
 - состояния
 - статики
5. Уравнение $\frac{u_0^2}{r} + l u_0 - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_0}{\partial r} = 0$ означает равновесие следующих трех сил:
 - _____
 - _____
 - _____

Лабораторные работы

Пример задания

Работа № 2. Расчет и анализ основных сил, определяющих движение атмосферного воздуха.

Цель работы: проследить, как изменяются основные силы, определяющие горизонтальное движение воздуха в свободной атмосфере, при изменении широты места.

Порядок выполнения работы:

- Рассчитать действующие на единицу массы воздуха составляющие силы Кориолиса (F_{kx} и F_{ky}), ее модуль (F_{ks}) и силу барического градиента (F_p) по известному градиенту давления и ветру на следующих широтах: 90° , 60° , 45° , 0° . Принять $\rho = 1,29$ кг/м³. Вычисление F_{kx} и F_{ky} произвести для двух направлений ветра (индивидуальное задание) Построить график изменения F_{ks} с широтой. При этом считать движение происходящим на север, по оси x отложить F_{ks} , по y – широту φ° .

- Показать графически, используя соотношение (2.1), отклонение F_{ks} от направления движения в Северном и Южном полушарии.

- Для указанных, в конце работы, направлений ветра построить векторы силы барического градиента и отклоняющей силы вращения Земли.

- Проанализировать результаты вычислений и написать краткое резюме, в котором отразить, как и почему изменяются силы барического градиента и Кориолиса в рассмотренных случаях.

Контрольная работа

Примерные вопросы по теме работы «Волновые движения в атмосфере»

1. Перечислите основные виды волновых движений в атмосфере.
2. Назовите уравнения, которые составляют систему уравнений для исследования волновых движений.
3. Какой метод позволяет при исследовании волновых движений перейти от системы нелинейных дифференциальных уравнений к линейным?
4. Как эта процедура перехода называется?
5. Укажите скорость звуковых волн и какими параметрами она определяется?
6. Для исследования какого вида волн в атмосфере высотой h принимаются условия баротропности, однородности, несжимаемости?
7. В каких пределах относительно среды изменяется скорость гравитационных волн? Запишите формулу для её расчета.
8. Какое название в метеорологии имеют горизонтально-поперечные волны?
9. Какие условия ставятся при формулировании модели этих волн?
10. Запишите формулу Россби и укажите какие характеристики в неё входят.
11. Раскройте понятие «волновое число».

Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Термодинамические процессы в сухом воздухе: изменения термодинамического состояния перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха, уровень термической конвекции, энергия неустойчивости.

2. Термодинамические процессы во влажном воздухе: понятие об энтропии, второе начало термодинамики и условия устойчивости атмосферы, изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха.

ИОПК-4.4

Тестирование

Примерные вопросы тестов

1. Какая модель приземного слоя используется в ситуации, когда турбулентность возникает только за счет силы плавучести?

2. В уравнении баланса энергии турбулентности член $(c \frac{b^2}{k})$ характеризует процесс
- диффузии энергии
 - диссипации энергии
3. В пределах приземного слоя можно пренебречь:
- радиационным
 - фазовых преобразований
 - турбулентным
- притоками тепла.
4. Величина $-\frac{V_*^3}{\kappa \frac{g}{T} \frac{P_0}{\rho c_p}}$ есть масштаб
- Пирси
 - Дроздова
 - Мони́на-Обухова
5. Масштаб $L > 0$ при
- устойчивой
 - неустойчивой
 - безразличной
- стратификации атмосферы.
6. Применяемая модель приземного слоя для ситуации с $P_0 = 0, L = \infty$ -
- инверсия
 - свободная конвекция
 - безразличная стратификация
7. Расчет коэффициента турбулентности по формуле $k = \kappa V_* z (1 - \beta \frac{z}{L})$ производится
- при
- устойчивой
 - неустойчивой
 - близкой к безразличной
- стратификации.

Лабораторная работа

Пример задания:

Работа № 4. Определение профиля геострофического ветра в температурно-неоднородной по горизонтали атмосфере.

Цель работы: исследование профилей геострофического ветра в зависимости от характера горизонтального поля температуры и давления на различных широтах.

Порядок выполнения работы:

- Ознакомиться с теорией вопроса по рекомендованной литературе.
- Получить рабочие формулы для определения на некоторой широте:
 - a. скорости геострофического ветра (\vec{G}) в м/с, если известен градиент давления в гПа/100 км;
 - b. скорости термического ветра (\vec{G}_T) в м/с, если известен горизонтальный градиент температуры в град /100 км и толщина слоя в километрах. Принять плотность воздуха равной $1,3 \text{ кг/м}^3$, $T=273 \text{ К}$;

- Используя рабочие формулы, по исходным данным вычислить скорость геострофического ветра у Земли \vec{G}_0 и значения термического ветра $\vec{G}_T(z)$ в слоях от поверхности Земли до высот $z = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0$ км, масштаб карты $1,5 \cdot 10^7$ м.

- Для каждого из заданных уровней z построить вектор геострофического ветра $\vec{G}(z)$, графически суммируя \vec{G}_0 и $\vec{G}_T(z)$. При этом считать, что в первом случае угол (α) между градиентом давления и градиентом температуры равен 45° , во втором — 135° , в третьем — 180° .

- Вычислить высоту обращения ветра.

- Учитывая направления градиентов температуры и давления, проследить изменения ветра с высотой в различных секторах антициклона, если область холода располагается над северной периферией антициклона, а область тепла — над южной.

Глоссарий

Составить письменный (печатный) вариант по теме «Лучистая энергия» с описанием не менее 20 терминов, необходимых для ответа на поставленные вопросы.

Пример вопроса:

1. Что такое интегральная функция пропускания?
2. Что такое лучистое равновесие?
3. Что такое эффективное излучение?

Необходимо включить в глоссарий не только описание термина в вопросе, но и тех, которые понадобились для его расшифровки.

Контрольная работа

Примерные вопросы по теме «Турбулентность в свободной атмосфере»:

1. Каковы типичные профили ветра в случаях развития турбулентности в свободной атмосфере (с.а.)?

2. Запишите уравнения, которые составляют общую постановку задачи о турбулентности в с.а.

3. Для случая поверхности раздела запишите формулы для компонент ветра (u_j, v_j) , границы турбулизированного слоя (H) , коэффициента турбулентности (K) .

4. Запишите формулы для расчета компонент ветра, высоты турбулизированного слоя и коэффициента турбулентности в струйном течении, дайте их физический анализ.

5. Укажите, сравнивая формулы для коэффициента турбулентности, где больше и почему интенсивность турбулентного обмена – вблизи поверхности раздела или в струйном течении?

Устный опрос

Примерные вопросы:

1. Почему атмосфера считается сплошной средой? Поясните смысл гипотезы сплошности и причины ее применения к описанию процессов в атмосфере.

2. Запишите уравнения движения в декартовой системе координат и дайте их анализ.

3. Чем отличаются уравнения движения в форме Навье-Стокса от уравнений движения в турбулентной атмосфере?

ИПК-1.1

Тестирование

Примерные вопросы

1. В условиях термической конвекции приземная концентрация примеси убывает

- прямо
 - обратно
- пропорционально расстоянию от источника в степени $4/3$.
2. На всех расстояниях от источника дисперсия примеси
 - увеличивается
 - уменьшается
 с ростом неустойчивости атмосферы.
 3. Для низких источников загрязнения наибольшие загрязнения нижних слоев атмосферы создаются при
 - неустойчивой
 - устойчивой
 стратификации атмосферы.

Лабораторная работа

Пример задания:

Работа № 8. Расчет и анализ суточного хода температуры

Цель работы: проследить, как изменяется амплитуда суточного хода температуры и время наступления экстремумов при удалении от подстилающей поверхности.

Порядок выполнения работы:

- a) определить амплитуду суточных колебаний температуры на поверхности почвы – $A(0)$;
- b) определить амплитуды суточных колебаний температуры – $A(z)$ на высотах 2, 10, 100, 300 м;
- c) рассчитать суточный ход температуры поверхности почвы, расчет выполнить для 2, 4, 6, 8, 10, 12 ч;
- d) рассчитать суточный ход температуры на высотах 2, 100, 300 м.

Как изменится результат, если коэффициент турбулентности уменьшить в два раза при прочих равных условиях?

Определить смещение времени наступления максимума на высотах 2, 10, 300 м относительно времени наступления максимума температуры на поверхности почвы.

Найти высоту распространения суточных колебаний температуры; за такую высоту принять уровень, на котором амплитуда суточных колебаний затухает в 20 раз.

Дать физический анализ полученных результатов.

Устный опрос

Примерные вопросы:

1. Почему ночное понижение температуры можно прогнозировать с большей точностью, чем дневной ход температуры?
2. Как разделяются заморозки в зависимости от причин, их вызывающих?
3. Когда создаются наиболее благоприятные условия для возникновения радиационных заморозков?
4. Почему формула Брента позволяет лишь приближенно оценить ночной ход температуры?
5. За счет каких факторов минимальная температура, вычисленная по формуле Берлянда, может отличаться от фактической?

Практическая работа

Выполняется при освоении темы № 11 «Поверхности раздела и фронты», заключается в решении 6-8 задач, направленных на усвоение способов расчета различных характеристик атмосферных фронтов.

Пример задания:

Определить величину и направление касательной к фронту скорости геострофического ветра в теплой массе, расположенной к западу от фронта на широте 60° и имеющей температуру 11° , если температура холодной массы 3° , скорость южного геострофического ветра в ней равна 3 м/с, наклон фронтальной поверхности составляет 0,005.

Результаты освоения дисциплины

Оценивание результатов освоения дисциплины в ходе текущего контроля происходит на основании критериев, обозначенных в таблице 1. Сводные данные текущего контроля успеваемости по дисциплине отражаются в электронной информационно-образовательной среде НИ ТГУ. Проверка уровня сформированности компетенций осуществляется в процессе промежуточной аттестации.

1. Оценочные средства: Устный опрос (ИОПК -1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1)

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): устный опрос направлен на выявление у обучающихся качества знаний по рассмотренным ранее разделам дисциплины и возникших у них сложностях понимания лекционного материала. Оценивается активность и правильность ответа от 1 до 3 баллов.

2. Оценочные средства: Лабораторные работы № 1 – 9 (ИОПК -1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1)

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): лабораторные работы выполняются в соответствии с их регламентом, изложенном в «Практикуме по динамической метеорологии», размещенном СДО Moodle (<https://moodle.tsu.ru/>), и предусматривают два этапа. На первом этапе – ознакомление обучающихся с теорией по теме работы, на втором этапе каждым студентом выполняется практическое задание работы, в том числе и по вариантам, позволяющие проверить навыки решения конкретных практических задач.

Для получения оценки – «зачет» необходимо выполнить каждую работу в срок и в устной форме изложить теорию вопроса, дать развернутый и грамотный анализ полученных результатов без существенных замечаний. При наличии уважительной причины возможно выполнение и сдача работы в течение текущего семестра. Работа получит оценку «не зачет», если обучающийся имеет значительные пробелы по теории вопроса, выполнена с грубыми ошибками в расчетной части работы, либо обучающийся не приступил к выполнению работы.

3. Оценочные средства: Тестовые задания (ИОПК -1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1)

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): каждое тестирование проходит после завершения лекций по разделам дисциплины и соответствующих лабораторных работ. На выполнение одного теста дается 45 минут, одна попытка. По структуре формирования ответа различают следующие типы заданий: тесты единственного и множественного выборов; на восстановление соответствия; открытого типа. В каждом тесте содержится около 30 вопросов, равнозначных по трудоемкости. Шкала перевода процентов правильных ответов на тесты в оценку текущей успеваемости: 85 – 100 % – «отлично»; 70 – 84 % – «хорошо»; 55 – 69 % – «удовлетворительно», менее 54 % – «неудовлетворительно». В случае

использования режима аттестации первые три оценки означают «зачет», последняя – «не зачет».

4. *Оценочные средства: Коллоквиум (ИОПК -1.3)*

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): коллоквиум проводится с целью проверки и оценивания знаний по отдельным разделам дисциплины в середине семестра и уменьшения количества лекционных тем, выносимых на дифференцированный зачёт в 5 семестре. Полученная оценка влияет на оценку в зачёте. Коллоквиум продолжительностью 1,5 часа проводится в устной форме. На коллоквиумы выносятся материал по темам « Термодинамические процессы в сухом и влажном воздухе» и решаются следующие задачи: проверка и контроль полученных знаний по изучаемой теме; углубление знаний при помощи использования дополнительных материалов при подготовке к занятию; формирование умений коллективного обсуждения (поддерживать диалог в группе, аргументировать свою точку зрения). Оценка за *коллоквиум*:

- «5» - глубокое усвоение материала, владение навыками выполнения практических работ;
- «4» - знание материала, грамотное изложение, есть некоторые неточности в ответе на вопрос;
- «3» - при ответе недостаточно правильные формулировки, затруднения в выполнении практических заданий;
- «2» - отсутствие знаний основных положений обсуждаемого материала, при ответе возникают ошибки.

5. *Оценочные средства: Контрольная работа (ИОПК -1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1)*

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): контрольная работа предполагает ответы в письменном виде на предложенный список вопросов по конкретному разделу дисциплины. Продолжительность работы - 1,5 часа. Максимальное количество баллов за данный вид работы - от 3 до 5.

6. *Оценочные средства: Глоссарий (ИОПК-4.4)*

Порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости (формы, содержание, сроки и т.п.): Глоссарий составляется по теме «Лучистая энергия», включает названия и значения (определение) терминов, слов и выражений, расположенных в алфавитном порядке. *Пример:*

Спектральная интенсивность – количество лучистой энергии в единичном интервале длин волн, проходящее за единицу времени в пределах единичного телесного угла через единичную площадку, нормальную к распространению луча.

Работа выполняется в печатном варианте (см. Приложение 4), без допущения орфографических ошибок и в установленный срок. Для оценки глоссария используются следующие критерии: соответствие терминов, слов и выражений теме и специфике научного языка по дисциплине «Динамическая метеорология», сдаче в установленный срок. Оценка глоссария:

- «5» - задание выполнено правильно, в срок, включает не менее 20 терминов, раскрытых в полном объёме;
- «4» - задание выполнено, но допущены орфографические ошибки;
- «3» - задание выполнено не в полном объёме, допущены ошибки;
- «2» - задание не выполнено.

7. *Оценочные средства: Практическая работа (ИОПК -1.3, ИОПК-4.4, ИПК-1.1)*

Выполняется в аудитории, продолжительностью 4 часа и заключается в закреплении навыков применения теоретических знаний об атмосферных фронтах. Обучающимся предлагается решить несколько задач. Правильность решения можно подтвердить по известным ответам.

Для получения оценки – «зачет» необходимо решить 8 задач, дать развернутый и грамотный анализ полученных результатов без существенных замечаний. Работа получит оценку «не зачет», если выполнена с грубыми ошибками в расчетной части работы, либо обучающийся не приступил к выполнению работы.

Проверка сформированности компетенций в процессе промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится *5 семестре* в виде дифференцированного зачета по результатам текущего контроля и устного собеседования по теоретическим вопросам основных тем семестра. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Критерии оценивания зачёта:

- «отлично» - выполнены все задания текущего контроля в семестре, дан полный ответ на теоретический вопрос с привлечением терминов, изученных в курсе;
- «хорошо» - выполнены все задания текущего контроля семестра, но дан не полный ответ на теоретический вопрос;
- «удовлетворительно» - выполнены не все задания текущего контроля семестра, дан не полный ответ на теоретический вопрос, имеются ошибки в использовании научной терминологии дисциплины;
- «неудовлетворительно» - выполнена часть заданий текущего контроля семестра, нет зачета по лабораторным работам, ответа на теоретический вопрос.

В *6 семестре* проводится аттестация в форме экзамена в устной форме по билетам. Подготовка к ответу обучающегося составляет 1 академический час (45 минут), продолжительность ответа на основные и дополнительные вопросы - 0,3 часа.

Билет состоит из двух вопросов. Первый - теоретический вопрос, требующий развернутого ответа. Второй – на владение практическими навыками применения теории. Экзаменационная процедура опирается на материалы текущего контроля: оценок за тестовые задания, глоссарий, лабораторные, контрольные и практические работы: при наличии за них «зачета» и оценок «4» и «5» обучающиеся освобождаются от дополнительных вопросов.

Первый вопрос в билете представляет изложение теории одной из тем курса, проверяются ИОПК-1.3 и ИОПК- 4.4.

Второй вопрос - понимание и владение методикой расчета одной из модельных характеристик состояния атмосферы, проверяется ИПК-1.1.

Примерный перечень *первых* (теоретических) вопросов:

1. Атмосфера как сплошная среда. Общая формулировка уравнения баланса.
2. Уравнение баланса массы (уравнение неразрывности).
3. Уравнение притока тепла и его частные виды.
4. Уравнения движения.
5. Силы, действующие в атмосфере.
6. Вертикальное распределение давления в атмосфере (барометрические формулы).
7. Основы метода барической топографии. Теоретические основы построения карт барической топографии.
8. Упрощение уравнений динамики атмосферы.

9. Атмосферная турбулентность и ее математическое описание.
10. Уравнения движения для турбулентной атмосферы.
11. Полуэмпирическая теория турбулентности.
12. Термодинамические процессы во влажном воздухе.
13. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха.
14. Понятие об энергии неустойчивости.
15. Законы распространения лучистой энергии.
16. Уравнения переноса лучистой энергии.
17. Геострофический ветер.
18. Изменение геострофического ветра с высотой.
19. Поверхность раздела, и ее основные свойства.
20. Геострофическая модель фронта.
21. Влияние ускорения воздушной массы на наклон поверхности раздела к горизонту.
22. Уравнение баланса энергии турбулентности.
23. Пограничный слой атмосферы. Вертикальное распределение ветра, температуры и влажности. Определение средних по слою характеристик турбулентности.
24. Нелинейная модель пограничного слоя атмосферы.
25. Приземный слой атмосферы. Система уравнений, описывающих его состояние, вертикальные профили метеовеличин.
26. Вертикальная скорость на верхней границе ППС.
27. Трансформация воздушной массы. Общая постановка задачи.
28. Трансформация полей температуры, влажности и ее практическое приложение.
29. Суточный ход метеорологических величин. Модель суточного хода температуры при постоянном коэффициенте турбулентности.
30. Ночное понижение температуры.
31. Энергетика атмосферы (виды энергий, их изменение в замкнутой воздушной массе).
32. Параметры и типы волновых движений.
33. Метод малых возмущений и его применение.
34. Крупномасштабные волны.
35. Гравитационные волны.
36. Математическая формулировка задачи о распространении примесей в атмосфере.
37. Качественный анализ поля концентраций примеси.
38. Распределение в атмосфере примесей при разных метеорологических условиях и разных параметрах выброса.

Примерный перечень вторых вопросов

1. Дать анализ формулы:

$$\square S = \frac{S_1 - S_0}{\Gamma(\alpha - 1)} \Gamma\left(\alpha - 1, \frac{\beta u_1}{k_1 x} z^{1+2\varepsilon}\right)$$

2. Как и почему изменяется в течение суток скорость и направление ветра в пограничном слое?

3. Сформулировать теорему Дайнса.

4. Дать анализ формулы:

$$T'(z, t) = \frac{R_1 e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2k}}z} \sin\left(\frac{\pi}{4} + \omega t - \sqrt{\frac{\omega}{2k}}z\right)}{\sqrt{\omega} \left[\sqrt{k} \left(\rho c_p + L \rho \frac{dq_{\max}}{dT} \right) + \rho_1 c_1 \sqrt{a} \right]}$$

4. Как влияет турбулентность на вертикальные профили метеовеличин?
5. Что такое «ТЯН», с чем связан этот термин?
6. Какими внешними факторами определяется строение пограничного слоя атмосферы?

Примеры экзаменационных билетов

Билет №1

1. Система уравнений, описывающих строение пограничного слоя атмосферы.
2. Дать анализ формулы:

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_0}{\Gamma(\alpha - 1)} \Gamma\left(\alpha - 1, \frac{\beta U_1}{k_1 x} z^{1+2\varepsilon}\right)$$

Билет №2

1. Распределение ветра в пограничном слое.
2. Как зависит значение максимальной концентрации и расстояние, где она достигается, от стратификации атмосферы и скорости ветра?

Билет №3

1. Энергетика атмосферы (виды энергии, их изменение в замкнутой воздушной массе).
2. Как влияет турбулентность на вертикальные профили метеорологических величин?

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» - полный развернутый ответ на экзаменационные вопросы с демонстрацией сформированных систематических знаний теоретических методов описания атмосферных движений и процессов на основе использования основных уравнений гидромеханики, термодинамики, теории излучения и их преобразования применительно к специфике атмосферных движений и явлений. Уверенное владение методиками расчета количественных характеристик динамики атмосферы, профилей метеорологических величин, характеристик турбулентности

Оценка «хорошо» - в целом достаточный уровень сформированных, но содержащих отдельные пробелы знаний и навыков применения современных методов анализа и расчета количественных характеристик динамики атмосферы.

Оценка «удовлетворительно» - дан ответ не на все вопросы, отсутствие части необходимых компетенций. Демонстрация общих, но не структурированных знаний теоретических методов описания атмосферных движений и процессов, не уверенное владение методиками расчета модельных характеристик.

Оценка «неудовлетворительно» - нет ответа на экзаменационные и дополнительные вопросы. Отсутствие знаний теоретических методов описания атмосферных движений и процессов. Частично сформированное владение методиками расчёта количественных характеристик динамики атмосферы.