

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины
ЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВОЛН

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки / специальности

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль) / Специализация:

Прикладная метеорология

Уровень:

Бакалавриат

Форма обучения

Очная /заочная

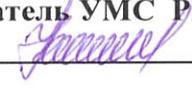
Согласовано

Руководитель ОПОП

«Прикладная метеорология»

 Волобунва О.В.

Председатель УМС РГГМУ

 Палкин И.И.

Рекомендовано решением

Учебно-методического Совета РГГМУ

19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры

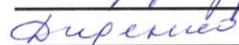
 мая 2021 г., протокол №

Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:

 Погорельцев А.И.

 Ермакова Т.С.

 Диденко К.А.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Линейная теория атмосферных волн» – формирование у студентов комплекса научных знаний о свойствах и характерных особенностях волновых процессов, протекающих в атмосфере Земли, а также о современных методах моделирования их генерации, распространения, диагностики и анализа.

Задачи:

- изучение основных уравнений и математического аппарата, используемых для описания и диагностики волновых движений;
- исследование основных характеристик и классификаций атмосферных волн, их роли в формировании общей циркуляции и термической структуры атмосферы;
- освоение методов анализа процессов генерации и распространения волновых возмущений.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Линейная теория атмосферных волн» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная метеорология» относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла подготовки бакалавров. Читается в 8 семестре для очной формы обучения и на 5 году для заочной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Физика», «Механика жидкостей и газа», «Физика атмосферы», «Синоптическая метеорология», «Динамическая метеорология».

Параллельно с дисциплиной «Линейная теория атмосферных волн» изучаются такие дисциплины, как: «Численные методы математического моделирования», «Ассимиляция гидродинамических данных», «Тропическая метеорология».

Дисциплина «Линейная теория атмосферных волн» может быть использована при подготовке и написании выпускной квалификационной работы.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-2.1; ПК-2.2

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-2 Способен анализировать явления и процессы природной среды,	ПК-2.1. Осуществляет анализ явлений и процессов, происходящих в	Знать: – физическую и математическую постановку задачи о разделении атмосферных движений на среднюю (фоновую) и волновую

<p>выявлять их закономерности</p>	<p>природной среде, на основе данных наблюдений, экспериментальных и модельных данных.</p>	<p>(возмущения) составляющие; методы возмущений и комплексных амплитуд, правила осреднения нелинейных слагаемых с использованием метода комплексных амплитуд;</p> <ul style="list-style-type: none"> – теорию собственных колебаний атмосферы (приливное уравнение Лапласа, уравнение вертикальной структуры, нормальные атмосферные моды), классификация глобальных атмосферных волн. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – интерпретировать результаты, полученные при решении уравнения вертикальной структуры ВГВ с использованием метода возмущений (ВКБ) и/или с помощью численного моделирования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами численного решения граничных задач (суперпозиции и аналитической факторизации – прогонки) и методом построения функции Грина дифференциального оператора.
	<p>ПК-2.2. Выявляет закономерности и аномалии происходящих процессов в природной среде.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – различные формы записи уравнений гидротермодинамики и основы векторной алгебры; – понятие адиабатического приближения и основные адиабатические инварианты (термодинамические - энтропия, потенциальная температура и динамический - потенциальный вихрь Эртеля); – закон сохранения вихревого заряда (вихревой субстанции) Обухова; – линейную теорию атмосферных волн на примере внутренних гравитационных волн (ВГВ): фазовая и групповая скорости, дисперсионное соотношение,

		<p>поляризационные соотношения, плотность волновой энергии, потоки волновой энергии, волновые потоки тепла и импульса, закон сохранения волнового действия.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять математический аппарат векторной алгебры и тензорного исчисления для получения уравнений и тождеств, используемых при выводе основных законов сохранения (законы сохранения энергии и вихревого заряда, уравнения Фридмана и Гельмгольца, теорема о потенциальном вихре Эртеля); – использовать методы теории возмущений, комплексных амплитуд и правила осреднения нелинейных членов при получении уравнений, описывающих законы сохранения волновой энергии и волнового действия, взаимодействие волн со средним потоком. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами векторной алгебры и тензорного анализа; – методом комплексных амплитуд; – методами математического анализа дифференциальных уравнений; – методом возмущений (ВКБ решение задачи о вертикальной структуре волн в плавно меняющихся средах).
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах 2021 года набора

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	42	12
в том числе:	-	-
лекции	28	6
Занятия семинарского типа:		
Практические занятия		
Лабораторные занятия	14	6
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	66	96
в том числе:	-	-
Курсовая работа		
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения 2021 года набора

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	<u>Особенности гидродинамических течений, тождества векторной алгебры.</u>	8	2	0	6	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
2	<u>Уравнения гидротермодинамики.</u>	8	2	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
3	<u>Энергетика атмосферных движений.</u>	8	2	0	6	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
4	<u>Уравнения Фридмана и Гельмгольца.</u>	8	2	0	6	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
5	<u>Потенциальный вихрь Эртеля, закон сохранения вихревого заряда.</u>	8	2	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
6	<u>Теория возмущений и метод комплексных амплитуд.</u>	8	2	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
7	<u>Уравнение вертикальной структуры ВГВ, дисперсионно</u>	8	4	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2

	<u>ε</u> <u>соотношение,</u> <u>групповая</u> <u>скорость,</u> <u>поляризацион</u> <u>ные</u> <u>соотношения.</u>							
8	<u>Применение</u> <u>метода</u> <u>возмущений</u> <u>для</u> <u>нахождения</u> <u>решения</u> о <u>вертикальной</u> <u>структуры</u> <u>ВГВ в плавно</u> <u>меняющейся</u> <u>среде (ВКБ</u> <u>решение).</u>	8	2	0	6	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
9	<u>Уравнение</u> <u>баланса</u> <u>волновой</u> <u>энергии для</u> <u>ВГВ, закон</u> <u>сохранения</u> <u>волнового</u> <u>действия.</u>	8	2	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
10	<u>Получение</u> <u>решения</u> о <u>вертикальной</u> <u>структуре</u> <u>ВГВ</u> с <u>помощью</u> <u>численного</u> <u>моделировани</u> <u>я, учет</u> <u>молекулярной</u> <u>вязкости и</u> <u>теплопроводн</u> <u>ости.</u>	8	4	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
11	<u>Линейная</u> <u>теория</u> <u>глобальных</u> <u>атмосферных</u> <u>волн, приливное</u> <u>уравнение</u> <u>Лапласа,</u> <u>классификация,</u> <u>нормальные</u> <u>атмосферные</u> <u>моды.</u>	8	4	2	6	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
	ИТОГО	-	28	14	66	-	-	-

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения 2021 года набора

№	Раздел / тема дисциплины	Год	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	<u>Особенности гидродинамических течений, тождества векторной алгебры.</u>	5	0	0	8	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
2	<u>Уравнения гидротермодинамики.</u>	5	0	0	8	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
3	<u>Энергетика атмосферных движений.</u>	5	0	0	8	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
4	<u>Уравнения Фридмана и Гельмгольца.</u>	5	0	2	8	Лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
5	<u>Потенциальный вихрь Эртеля, закон сохранения вихревого заряда.</u>	5	0	0	8	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
6	<u>Теория возмущений и метод комплексных амплитуд.</u>	5	0	2	8	Лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
7	<u>Уравнение вертикальной структуры ВГВ, дисперсионное</u>	5	2	2	8	Вопросы на лекции, лабораторная работа	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2

	<u>соотношение, групповая скорость, поляризационные соотношения.</u>							
8	<u>Применение метода возмущений для нахождения решения о вертикальной структуре ВГВ в плавно меняющейся среде (ВКБ решение).</u>	5	0	0	10	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
9	<u>Уравнение баланса волновой энергии для ВГВ, закон сохранения волнового действия.</u>	5	2	0	10	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
10	<u>Получение решения о вертикальной структуре ВГВ с помощью численного моделирования, учет молекулярной вязкости и теплопроводности.</u>	5	0	0	10	Собеседование	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
11	<u>Линейная теория глобальных атмосферных волн, приливное уравнение Лапласа, классификация, нормальные атмосферные моды.</u>	5	2	0	10	Вопросы на лекции	ПК-2	ПК-2.1; ПК-2.2
	ИТОГО	-	6	6	96	-	-	-

4.3. Содержание разделов/тем дисциплины

4.3.1 Особенности гидродинамики геофизических течений, тождества векторной алгебры

Стратифицированная среда, энтропия и потенциальная температура, статическая стабильность, конвективная неустойчивость, гравитационные волны, баротропность и бароклинность, вращение, сила Кориолиса, волны Россби, сила Лоренца.

Векторы и действия над ними, скалярное и векторное произведения, линейное преобразование, понятие тензора, скалярное поле и градиент, векторное поле и силовые линии, потенциальные векторные поля, понятия циркуляции, дивергенции и вихря, теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса, соотношения векторной алгебры.

4.3.2 Уравнения гидротермодинамики

Гидродинамическая группа. Уравнение движения в форме Эйлера, массовые и объемные силы, потенциальные и инерционные силы, сила тяжести и Кориолиса, «примитивные» уравнения, гидростатическое и геострофическое приближения, сила внутреннего трения (вязкости) и сила Лоренца, тензор вязких напряжений, закон Ома для ионосферной плазмы, проводимости Педерсена и Холла, ионное трение, магнитное закручивание. Уравнение неразрывности, понятия несжимаемости и соленоидальности.

Термодинамическая группа. Уравнение притока тепла, энтропия и потенциальная температура, теплопроводность, неадиабатические притоки тепла, нагрев за счет диссипации механической энергии, адиабатическое приближение. Уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона.

4.3.3 Энергетика атмосферных движений

Уравнение баланса механической энергии, обусловленный вязкостью поток механической энергии, тензор сухого (ионного) трения, потери механической энергии за счет вязкой диссипации и трения.

Уравнение баланса внутренней энергии, притоки тепла за счет диссипации механической энергии и теплопроводности, изменение внутренней энергии за счет работы, затрачиваемой на расширение или сжатие, переходы механической энергии во внутреннюю и обратно.

Уравнения баланса полной, потенциальной и кинетической энергии, адиабатические процессы взаимного преобразования кинетической и потенциальной энергии.

4.3.4 Уравнения Фридмана и Гельмгольца

Функция Экслера, удельная энтальпия, уравнение движения в форме Громеки-Лэмба, функция Бернулли, уравнение трансформации вихря скорости (Фридмана), гельмгольциан, «укороченный» гельмгольциан, уравнение Гельмгольца, понятие «вмороженности» векторного поля в движущуюся жидкость. Тождество, описывающее изменение со временем скалярного произведения произвольного вектора на градиент произвольной скалярной функции, отнесенного к плотности жидкости.

4.3.5 Потенциальный вихрь Эртеля, сохранение вихревого заряда

Общий вид уравнения баланса скалярной и/или векторной величины, понятие консервативной величины, гидродинамические или лагранжевы инварианты, адиабатическое приближение, инварианты адиабатического движения, формулировка и

доказательство теоремы Эртеля на основе полученного в предыдущем разделе тождества, потенциальный вихрь Эртеля, уравнение трансформации потенциального вихря Эртеля при наличии потенциальных сил или нарушении условия адиабатичности.

Закон сохранения вихревого заряда или «потенциальной вихревой субстанции» Обухова, получение приближенного выражения для потенциального вихря Эртеля в сферической системе координат.

4.3.6 Теория возмущений и метод комплексных амплитуд

Гармонические (монохроматические) колебания и плоские волны, временной и пространственный профиль волны, волновое число, круговая частота и фазовая скорость, длина волны и период, амплитуда, полная и начальная фазы волны, волновое уравнение.

Комплексная амплитуда гармонической волны, формула Эйлера, волновое уравнение Гельмгольца, правила осреднения нелинейных по амплитуде волны выражений, использование метода комплексных амплитуд при рассмотрении нелинейных функций.

4.3.7 Уравнение вертикальной структуры ВГВ, дисперсионное соотношение, групповая скорость, поляризационные соотношения

Вывод уравнения вертикальной структуры ВГВ. Сведение уравнения вертикальной структуры к нормальному виду. Фундаментальные решения. Внутренние и внешние волны. Классификация волн на основе дисперсионного соотношения, влияние сдвига доплера на вертикальную структуру ВГВ, определение групповой скорости волны на основе дисперсионного соотношений.

4.3.8 Применение метода возмущений для нахождения решения о вертикальной структуре ВГВ в плавно меняющейся среде (ВКБ решение)

Понятие плавно меняющейся среды, введение малого безразмерного параметра, принцип работы метода возмущений. Построение ВКБ решения, его интерпретация.

4.3.9 Уравнение баланса волновой энергии для ВГВ, закон сохранения волнового действия

Уравнения баланса кинетической, упругой и термобарической энергии возмущений, взаимное превращение различных составляющих волновой энергии, волновой поток энергии, выбор знака перед вертикальным волновым числом на основе энергетических соображений (знака потока волновой энергии), понятие групповой скорости, разность знаков вертикальных составляющих фазовой и групповой скоростей. Вывод закона сохранения волнового действия в среде со сдвигом фонового ветра.

4.3.10 Получение решения о вертикальной структуре ВГВ с помощью численного моделирования, учет молекулярной вязкости и теплопроводности

Знакомство с методами решения граничных задач: метод аналитической факторизации (прогонки) и метод построения функции Грина). Освоение программы расчета вертикальной структуры ВГВ для простейшего случая изотермической безветренной атмосферы. Знакомство с программой расчетов вертикальной структуры ВГВ при учете фонового ветра и процессов молекулярной теплопроводности и вязкости.

4.3.11 Линейная теория глобальных атмосферных волн, классификация, нормальные атмосферные моды

Приливный оператор Лапласа, функции Хафа, параметр Лэмба и эквивалентная глубина, атмосферные моды, классификация глобальных атмосферных волн на основе дисперсионных кривых, гравитационные и инерционные моды, волны Кельвина и Янаи. Уравнение вертикальной структуры, вынужденные и свободные решения, внутренние и внешние волны, собственные колебания атмосферы, нормальные атмосферные моды, волны Лэмба, нижнее граничное условие в геометрической и лог-изобарической системах координат.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Динамическая группа уравнений. Сила внутреннего трения и сила Лоренца. Вязкая диссипация механической энергии, тензор вязких напряжений.	2	2
5	Теорема сохранения потенциального вихря Эртеля. Полученная на основании тождества для оператора Гельмгольца.	2	2
6	Комплексное число, понятие комплексной амплитуды, правила осреднения нелинейных слагаемых.	2	2
7	Вывод уравнения вертикальной структуры ВГВ, ВКБ решение.	2	2
9	Вывод уравнения баланса волновой энергии для ВГВ. Закон сохранения волнового действия.	2	2
10	Освоение программы расчета вертикальной структуры ВГВ методом аналитической факторизации.	2	2
11	Знакомство с программой расчеты собственных значений приливного оператора Лапласа и функций Хафа.	2	2

Таблица 6.

Содержание лабораторных занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
4	Уравнение Фридмана, гельмольциан, уравнение Гельмгольца.	2	2
6	Комплексное число, понятие комплексной амплитуды, правила осреднения нелинейных	2	2

	слагаемых.		
7	Вывод уравнения вертикальной структуры ВГВ, ВКБ решение.	2	2

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

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 75;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 15;

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

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**.

Форма проведения **зачета**: устно по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

ПК-2.1

1. Метод комплексных амплитуд. Правила осреднения нелинейных (квадратичных) по амплитуде волны слагаемых.
2. Анализ волновых возмущений среднезонального состояния атмосферы на основе модельных расчетов и данных современных реанализов.
3. Метод решения граничных задач путем построения функции Грина.
4. Дисперсионное и поляризационные соотношения для ВГВ. Определение групповой скорости на основе дисперсионного соотношения.
5. Построение функции Грина для уравнения вертикальной структуры ВГВ.
6. Функции Хафа, параметр Лэмба и эквивалентная глубина, атмосферные моды.
7. Решение граничных задач методом аналитической факторизации (прогонки).

ПК-2.2

8. Особенности гидродинамики природных течений жидкости (стратификация, вращение, бароклинность, сила Лоренца).
9. Классификация атмосферных волн (планетарные волны, атмосферные приливы, внутренние гравитационные и акустические волны). Собственные колебания атмосферы (нормальные моды).
10. Векторы и действия над ними, скалярное и векторное произведения. Линейное преобразование, понятие тензора. Скалярное поле и градиент.

11. Сила внутреннего трения и сила Лоренца (к каким эффектам приводит учет вязкости и электромагнитной силы).
12. Векторное поле, понятия циркуляции, дивергенции и вихря, теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса, соотношения векторной алгебры.
13. Переходы механической энергии во внутреннюю и обратно. Уравнения баланса полной, потенциальной и кинетической энергии.
14. Уравнения динамической группы. Приближенные («примитивные») уравнения (какие приближения сделаны). Лог-изобарическая система координат (в чем преимущества).
15. Линейная теория глобальных атмосферных волн. Приливное уравнение Лапласа.
16. Уравнения термодинамической группы. Понятие потенциальной температуры, связь с энтропией.
17. Эквивалентная глубина и параметр Лэмба. Уравнение вертикальной структуры, внутренние и внешние волны.
18. Уравнение механической энергии. Уравнение внутренней энергии.
19. Классификация глобальных атмосферных волн на основе дисперсионных кривых (зависимости собственных значений приливного оператора Лапласа от частоты).
20. Уравнения Фридмана и Гельмгольца.
21. Гармонические колебания и волны (основные понятия).
22. Тождество, описывающее изменение со временем скалярного произведения произвольного вектора на градиент произвольной скалярной функции, отнесенного к плотности жидкости.
23. Волновое уравнение. Фазовая и групповая скорости.
24. Сохранение потенциального вихря Эртеля (вывод на основе тождества, содержащего оператор Гельмгольца).
25. Уравнение сохранения энергии в лог-изобарической системе. Энтальпия, доступная потенциальная энергия.
26. Теорема о сохранении вихревого заряда в сжимаемой жидкости (альтернативный вывод теоремы Эртеля).
27. ВКБ решение для распространения ВГВ в плавно изменяющейся среде (коротковолновое приближение).
28. Лагранжевы инварианты. Адиабатическое приближение.
29. Уравнение вертикальной структуры для внутренних гравитационных волн (ВГВ).
30. Понятие установившейся волны, линеаризация уравнений для возмущений среднезонального состояния.
31. Метод аналитической факторизации (реализация для решения уравнения вертикальной структуры ВГВ).
32. Уравнение баланса волновой энергии ВГВ, определение групповой скорости на основе энергетических соотношений.
33. Закон сохранения волнового действия для внутренних гравитационных волн.
34. Функция Экслера, удельная энтальпия, уравнение движения в форме Громеки-Лэмба, функция Бернулли.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-10
Контрольное расчётное задание №1	0-10
Контрольное расчётное задание №2	0-10
Контрольное расчётное задание №3	0-10

Контрольное расчётное задание №4	0-10
Контрольное расчётное задание №5	0-10
Реферат	0-25
Промежуточная аттестация	0-15
ИТОГО	0-100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

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 рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «ЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВОЛН».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Переведенцев, Ю. П. Теория общей циркуляции атмосферы [Текст] : учебное пособие / Ю. П. Переведенцев, И. И. Мохов, А. В. Елисеев. - Казань: Казан. гос. ун-т, 2013. - 223 с.
2. Швед Г. М. Введение в динамику и энергетику атмосферы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 396 с.

Дополнительная литература

1. Госсард Э.Э., Хук У.Х. Волны в атмосфере.- М.: Мир. 1978, 532 с. http://нэб.рф/catalog/000199_000009_008690790
2. Бидлингмайер Е.Р., Ивановский А.И., Погорельцев А.И. Формирование вертикальной структуры акустико-гравитационных волн процессами молекулярной вязкости и теплопроводности//Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, 1990, Т. 26, № 7, С. 682-692.
3. Бидлингмайер Е.Р., Погорельцев А.И. Численное моделирование трансформации акустико-гравитационных волн в температурные и вязкие волны в атмосфере//Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, 1992, Т. 28, № 1, С. 64-74.
4. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.- М.: Мир, 1973.
5. Дикий Л.А. Теория колебаний земной атмосферы.- Л.: Гидрометеиздат. 1969. 196 с.
6. Динамика погоды (под редакцией С. Манабе).- Л.: Гидрометеиздат. 1988. 424 с.
7. Динамика климата (под редакцией С. Манабе).- Л.: Гидрометеиздат. 1988. 424 с.
8. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начало тензорного исчисления, изд. АН СССР, 1961.
9. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II.-М.: Физматгиз. 1963. 584 с.

10. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере (под редакцией Б. Хоскинса и Р. Пирса).- М.: Мир. 1988. 432 с.
11. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы (адиабатические инварианты и их применение).- Санкт-Петербург: Гидрометеоздат. 1993. 168 с.
12. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики.- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 424 с.
13. На Ц. Вычислительные методы решения прикладных граничных задач.- М.: Мир. 1982. 296 с.
14. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы.- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 414 с.
15. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика.- Т. 1,2.- М.: Мир. 1984. 816 с.
16. Погорельцев А.И., Перцев Н.Н. Влияние фонового ветра на формирование структуры акустико-гравитационных волн в термосфере// Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, 1995, Т. 31, № 6, С. 755-760.
17. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений.- М.: Мир. 1980. 280 с.
18. Холтон Дж.Р. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы.- Л.: Гидрометеоздат. 1979. 224 с.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- | | | | | |
|----|---|--------|-------------|---------------|
| 1. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | NASA: |
| | http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/ | | | |
| 2. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | NASA: |
| | http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/documents/MERRA_File_Specification.pdf | | | |
| 3. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | UK MET OFFICE |
| | http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assim | | | |
| 4. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | UK MET OFFICE |
| | http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/ind | | | |

8.3. Перечень программного обеспечения

1. windows 7 48818295 20.07.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012
3. windows 7 48130165 21.02.2011
4. office 2010 49671955 01.02.2012
5. windows 7 48130165 21.02.2011
6. office 2010 49671955 01.02.2012
7. GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
8. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. СПС Консультант Плюс;
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>
3. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **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.