

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Экспериментальной физики и атмосферы

Рабочая программа по дисциплине  
**ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ**

Основная профессиональная образовательная  
Программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки  
05.03.05 – Прикладная гидрометеорология  
Профиль – прикладная океанология

Квалификация (степень) – Бакалавр академический

Форма обучения

**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная океанология»  
В.А.Царев В.А.Царев

Утверждаю  
Председатель УМС И.И. Палкин И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11.06 2019 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
30.05 2019 г., протокол № 9

Зав. кафедрой Бухарин А.В. Бухарин А.В.

Автор-разработчик:  
Еремينا Н.А. /Еремина Н.А.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Динамическая метеорология» – подготовка бакалавров по направлению 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология», обучающихся по профилю «Прикладная океанология», владеющих знаниями в объеме, необходимом для понимания основных процессов, протекающих как в атмосфере, так и при ее взаимодействии с океаном, а также для более успешного изучения физики океана, динамики океана, морских прогнозов и ряда прикладных океанологических дисциплин.

Основные задачи дисциплины «Динамическая метеорология» связана с освоением студентами:

- теоретических основ термодинамики и динамики атмосферы;
- практических приемов анализа развития основных термодинамических и динамических процессов в атмосфере.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Динамическая метеорология» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»

Для освоения данной дисциплины обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Гидромеханика», «Физика атмосферы».

Параллельно с дисциплиной «Динамическая метеорология» изучаются «Физика океана», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации», «Теория вероятностей и математическая статистика».

Дисциплина «Динамическая метеорология» является базовой для освоения дисциплин «Геофизическая гидродинамика», «Климатология», «Динамика океана» и других.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-3	Способность анализировать и интерпретировать данные натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования.
ПК-4	Способность к решению гидрометеорологических задач, достижению поставленных критериев и показателей.
ПК-5	Способность реализации решения гидрометеорологических задач и анализа полученных результатов.
ППК-1	Готовность применять профессиональные знания для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Динамическая метеорология» обучающийся должен:

### Знать:

- основы динамики и термодинамики атмосферы;

- основы теории атмосферной турбулентности;
- современные модели планетарного пограничного слоя;
- современные модели приземного слоя атмосферы (ПС);
- основные нестационарные процессы в ППС.

**Уметь:**

- количественно и качественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы;
- анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности.

**Владеть:**

- знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии;
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Динамическая метеорология» сведены в таблице.

## Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемый результат обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ОПК-3	<b>Знать:</b> · основы динамики и термодинамики атмосферы ·	<b>Не знает:</b> · основы динамики и термодинамики атмосферы ·	<b>Недостаточно знает:</b> · основы динамики и термодинамики атмосферы ·	<b>Хорошо знает:</b> · основы динамики и термодинамики атмосферы ·	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> · основы динамики и термодинамики атмосферы ·
	<b>Уметь:</b> · количественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы	<b>Не умеет:</b> · количественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы	<b>Затрудняется:</b> · количественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы	<b>Умеет:</b> · количественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы	<b>Умеет свободно:</b> · количественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы
	<b>Владеть:</b> · навыками анализа термодинамических и динамических процессов в атмосфере	<b>Не владеет:</b> · навыками анализа термодинамических и динамических процессов в атмосфере	<b>Недостаточно владеет:</b> · навыками анализа термодинамических и динамических процессов в атмосфере	<b>Хорошо владеет:</b> · навыками анализа термодинамических и динамических процессов в атмосфере	<b>Свободно владеет:</b> · навыками анализа термодинамических и динамических процессов в атмосфере
ПК-4	<b>Знать:</b> · основы теории атмосферной турбулентности · современные модели планетарного пограничного слоя атмосферы	<b>Не знает:</b> · основы теории атмосферной турбулентности · современные модели планетарного пограничного слоя атмосферы	<b>Недостаточно знает:</b> · основы теории атмосферной турбулентности · современные модели планетарного пограничного слоя атмосферы	<b>Хорошо знает:</b> · основы теории атмосферной турбулентности · современные модели планетарного пограничного слоя атмосферы	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> · основы теории атмосферной турбулентности · современные модели планетарного пограничного слоя атмосферы
	<b>Уметь:</b> · использовать модели планетарного пограничного слоя атмосферы для решения гидрометеорологических задач,	<b>Не умеет:</b> · использовать модели планетарного пограничного слоя атмосферы для решения гидрометеорологических задач,	<b>Затрудняется:</b> · использовать модели планетарного пограничного слоя атмосферы для решения гидрометеорологических задач,	<b>Умеет:</b> · использовать модели планетарного пограничного слоя атмосферы для решения гидрометеорологических задач,	<b>Умеет свободно:</b> · использовать модели планетарного пограничного слоя атмосферы для решения гидрометеорологических задач,

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемый результат обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ПК-4	<b>Владеть:</b> · навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Не владеет:</b> · навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Недостаточно владеет:</b> · навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Хорошо владеет:</b> · навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Свободно владеет:</b> · навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера
ПК-5	<b>Знать:</b> · современные модели приземного слоя атмосферы · основные нестационарные процессы в ППС	<b>Не знает:</b> · современные модели приземного слоя атмосферы · основные нестационарные процессы в ППС	<b>Недостаточно знает:</b> · современные модели приземного слоя атмосферы · основные нестационарные процессы в ППС	<b>Хорошо знает:</b> · современные модели приземного слоя атмосферы · основные нестационарные процессы в ППС	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> · современные модели приземного слоя атмосферы · основные нестационарные процессы в ППС
	<b>Уметь:</b> · анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности	<b>Не умеет:</b> · анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности	<b>Затрудняется:</b> · анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности	<b>Умеет:</b> · анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности	<b>Умеет свободно:</b> · анализировать особенности атмосферных процессов в слоях, непосредственно прилегающих к водной поверхности
	<b>Владеть:</b> · навыками анализа результатов, полученных на основе современных моделей приземного слоя атмосферы	<b>Не владеет:</b> · навыками анализа результатов, полученных на основе современных моделей приземного слоя атмосферы	<b>Недостаточно владеет:</b> · навыками анализа результатов, полученных на основе современных моделей приземного слоя атмосферы	<b>Хорошо владеет:</b> · навыками анализа результатов, полученных на основе современных моделей приземного слоя атмосферы	<b>Свободно владеет:</b> · навыками анализа результатов, полученных на основе современных моделей приземного слоя атмосферы

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемый результат обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ППК-1	<b>Знать:</b> · возможности использования современных моделей приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Не знает:</b> · возможности использования современных моделей приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Недостаточно знает:</b> · возможности использования современных моделей приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Хорошо знает:</b> · возможности использования современных моделей приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> · возможности использования современных моделей приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией
	<b>Уметь:</b> · использовать современные модели приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Не умеет:</b> · использовать современные модели приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Затрудняется:</b> · использовать современные модели приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Умеет:</b> · использовать современные модели приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Умеет свободно:</b> · использовать современные модели приземного слоя атмосферы для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией
	<b>Владеть:</b> · знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии	<b>Не владеет:</b> · знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии	<b>Недостаточно владеет:</b> · знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии	<b>Хорошо владеет:</b> · знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии	<b>Свободно владеет:</b> · знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144 часа</b>	<b>144 часа</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>	<b>16</b>
в том числе:		
лекции	<b>28</b>	<b>8</b>
практические занятия	<b>28</b>	<b>8</b>
лабораторные занятия	-	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>	<b>128</b>
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	+
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

##### Очное обучение

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час				Занятий в активной или интерактивной форме	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости		
1	Общие принципы и инструменты динамической метеорологии	5	2	2	8	Опрос, контрольное расчетное задание	2	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
2	Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы	5	2	2	8	Вопросы и ответы в баллах	2	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
3	Замкнутая система уравнений для турбулентной атмосферы	5	2	2	10	Вопросы и ответы в баллах	2	ОПК-3 ПК-4 ПК-5

4	Динамика и термодинамика свободной атмосферы	5	4	6	14	Вопросы и ответы в баллах, контрольное расчетное задание	3	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
5	Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы	5	8	10	20	Вопросы и ответы в баллах, контрольное расчетное задание	5	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
6	Процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	5	6	6	16	Опрос, вопросы и ответы в баллах	2	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
7	Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном	5	4	0	12	Опрос, вопросы и ответы в баллах	2	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
Итого			28	28	88		18	

### Заочное обучение

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час				Занятий в активной или интерактивной форме	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости		
1	Общие принципы и инструменты динамической метеорологии	8	1	0	10	Опрос, задание в контрольной работе	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
2	Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы	8	1	0	14	Опрос	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5



3	Замкнутая система уравнений для турбулентной атмосферы	8	1	0	18	Опрос	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
4	Динамика и термодинамика свободной атмосферы	8	2	4	24	Задания в контрольной работе	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
5	Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы	8	2	4	28	Задания в контрольной работе	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
6	Процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	8	1	0	20	Опрос	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
7	Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном	8	0	0	14	Опрос	0	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
Итого			8	8	128		0	

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1 Общие принципы и инструменты динамической метеорологии

Лагранжево и Эйлерово описание движения. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных. Ламинарное и турбулентное движение. Дифференциальные характеристики метеорологических полей. Теория подобия и анализ размерностей.

### 4.2.2 Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы

Уравнения состояния, движения, неразрывности, притока тепла и водяного пара. Силы, действующие в атмосфере. Притоки тепла и водяного пара.

### 4.2.3 Замкнутая система уравнения для турбулентной атмосферы

Спектры метеорологических характеристик. Аксиомы осреднения. Осреднение уравнений. Различные подходы к замыканию системы уравнений. Полуэмпирическая теория турбулентности. Замкнутая система уравнений. Упрощение уравнений. Классификация атмосферных движений и процессов.

### 4.2.4 Динамика и термодинамика свободной атмосферы

Геопотенциал. Карты барической топографии. Геострофический и градиентный ветер. Изменение геострофического ветра с высотой – термический ветер. Геострофическая адвекция температуры.

Поверхности раздела. Волны в атмосфере. Волны Россби.

### 4.2.5 Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы

Особенности метеорологических процессов в ППС и ПС. Особенности ППС и ПС над водной поверхностью. Замкнутая система уравнений для ППС. Модели стационарного и горизонтально-однородного ППС и ПС (модель с априорным заданием коэффициента турбулентности для ППС и модель, основанная на теории подобия, для ПС). Нестационарный ППС и ПС: суточные колебания температуры воздуха и ночное понижение температуры подстилающей поверхности.

#### 4.2.6. Процессы над горизонтально-неоднородной подстилающей поверхностью

Трансформация полей температуры и влажности. Местные ветры, возникающие на границе раздела «вода-суша»: бризы и муссоны.

#### 4.2.7 Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном.

Основные виды энергии в атмосфере и уравнения баланса для них. Замкнутый цикл преобразования видов энергии. Основы ОЦА. Основы взаимодействия океана и атмосферы.

### 4.3. Практические занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Формируемые компетенции
1	1	Дифференциальные характеристики метеорологических полей. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных	ОПК-3 ПК-4
2	1	Практическое применение анализа размерностей	ОПК-3 ПК-5
3	4	Геопотенциал. Карты барической топографии	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
4	4	Геострофический ветер. Градиентный ветер	ОПК-3 ПК-4
5	4	Изменение геострофического ветра с высотой (термический ветер). Геострофическая адвекция температуры.	ОПК-3 ПК-4
6	4	Анализ поля давления и ветра в области фронта	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
7	4	Волны Россби	ОПК-3 ПК-4 ПК-5

8	5	Определение верхней границы ППС	ОПК-3 ПК-4
9	5	Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности на основании уравнения баланса удельной кинетической энергии турбулентности	ОПК-3 ПК-4
10	5	Расчет характеристик в стационарном, горизонтально-однородном ППС с априорно заданным профилем коэффициента турбулентности	ОПК-3 ПК-4
11	5	Вертикальная скорость на верхней границе ППС	ОПК-3 ПК-4
12	5	Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности по результатам зондирования атмосферы	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
13	5	Вертикальные профили метеоэлементов в ПС при безразличной стратификации	ОПК-3 ПК-4 ПК-5
14	5	Вертикальные профили метеоэлементов в ПС при стратификации, близкой к безразличной	ОПК-3 ПК-4 ПК-5

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **5.1. Текущий контроль**

Устный контроль в процессе занятий (опрос).

Тестовый контроль.

Контрольные расчетные задания по основным темам курса.

Контрольная работа для студентов, обучающихся по заочной форме.

#### **5.1.1.. Образцы заданий текущего контроля**

##### **а) Образцы заданий тестового контроля**

1. Кинетическая энергия турбулентности всегда только убывает за счет:

- а) потери основным потоком гидродинамической устойчивости;
- б) действия силы Архимеда;
- в) диффузии;
- г) диссипации.

(Правильный ответ – г)

2. Высота экмановского пограничного слоя атмосферы увеличивается при:

- а) увеличении геострофического ветра и увеличении параметра Кориолиса;
- б) увеличении геострофического ветра и уменьшении параметра Кориолиса;
- в) уменьшении геострофического ветра и увеличении параметра Кориолиса;

г) уменьшении геострофического ветра и уменьшении параметра Кориолиса.  
(Правильный ответ – б)

3. В области, характеризующейся бароклинностью, развивается циркуляция по замкнутому контуру в направлении кратчайшего угла поворота:

- а) от градиента давления к градиенту температуры;
- б) от градиента температуры к градиенту давления;
- в) от градиента плотности к градиенту давления;
- г) от градиента температуры к градиенту абсолютного геопотенциала.

(Правильный ответ – а)

## б) Образцы контрольных расчетных заданий по основным темам курса

### Термический ветер и геострофическая адвекция температуры.

#### Вариант №5

**Задача 1.** На карте приземного давления расстояние между прямолинейными параллельными изобарами 1.7 см. Вектор горизонтального градиента давления направлен на ССЗ. Горизонтальный градиент температуры отклоняется от горизонтального градиента давления на угол  $-30^\circ$ . Расстояние между единичными изотермами на карте равно 1.1 см. Масштаб карты  $M=1:1.5 \times 10^7$ . Средняя температура слоя 280 К. Плотность воздуха  $1.3 \text{ кг/м}^3$ . Широта места  $65^\circ$ .

Определить скорость и направление геострофического ветра на уровнях 1 км и 3 км, а также геострофическую адвекцию температуры за час на нижнем из них. Выполнить рисунок.

**Задача 2.** Найти высоту, на которой геострофический ветер имеет минимальное значение, определить величину и направление ветра на этой высоте, если на уровне 500 м геострофический ветер ЮЗ и равен 14 м/с, а горизонтальный градиент температуры, равный 1.2 К/100 км, отклонен от вектора ветра на угол  $-210^\circ$ . Средняя температура слоя 285 К. Широта места  $70^\circ$ .

Определить геострофическую адвекцию температуры за час на высоте минимального ветра. Выполнить рисунок.

**Задача 3.** По результатам ветрового зондирования геострофический ветер на высоте 0.5 км Ю и равен 14 м/с, а на высоте 1.2 км ЮЮВ и равен 15 м/с. Средняя температура слоя 280 К. Широта места  $60^\circ$ .

Определить термический ветер между указанными уровнями, среднее в слое значение горизонтального градиента температуры и его направление, а также среднюю геострофическую адвекцию температуры за час. Выполнить рисунок.

### Расчет характеристик в стационарном, горизонтально-однородном приземном слое атмосферы (модель, основанная на теории подобия).

#### Вариант №16.

**Задача 1. Безразличная стратификация.** Определить шероховатость подстилающей поверхности, касательное напряжение трения, скорость испарения и поток тепла в почву по следующим данным градиентных наблюдений:

Z(м)	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0
U(м/с)	4.4	4.8	5.3	5.9	6.2	6.4
e(гПа)	15.4	-	15.0	-	-	-

Плотность воздуха  $1.3 \text{ кг/м}^3$ . Давление 1000 гПа. Радиационный баланс подстилающей поверхности  $90 \text{ Вт/м}^2$ .

Рассчитать и построить зависимость коэффициента турбулентности от высоты.

**Задача 2. Стратификация, близкая к безразличной.** На высотах 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0 и 10.0 м рассчитать и построить вертикальные профили скорости ветра, температуры воздуха, массовой доли водяного пара и коэффициента турбулентности, если из наблюдений известны: уровень шероховатости 30 см, турбулентный поток тепла на уровне шероховатости  $190 \text{ Вт/м}^2$ , динамическая скорость 0.5 м/с, скорость испарения 0.4 мм/ч, температура у подстилающей поверхности  $5^\circ\text{C}$ , удельная влажность на уровне шероховатости 10 г/кг, плотность воздуха  $1.3 \text{ кг/м}^3$ , средняя температура приземного слоя 280 К.

#### **в) Образцы заданий контрольной работы для заочной формы обучения**

**Задача 3.** Определить величину и направление среднего горизонтального градиента температуры в слое от 1 до 3 км, если ветер на высоте 3 км - северный 10.6 м/с, а на высоте 1 км – северо-западный 8.3 м/с. Широта места  $50^\circ$ , средняя температура слоя 290 К.

**Задача 4.** Для высоты 200м на широте  $60^\circ$  при скорости геострофического ветра 15 м/с и коэффициенте турбулентности  $5 \text{ м}^2/\text{с}$  рассчитать: горизонтальные составляющие скорости ветра, величину и направление силы барического градиента, силы Кориолиса и силы трения. Плотность воздуха  $1.3 \text{ кг/м}^3$ .

### **5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы**

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 материала и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

### **5.3. Промежуточная аттестация: экзамен**

На экзамене от студента требуется ответить на два теоретических вопроса

#### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных.
2. Уравнение неразрывности.
3. Уравнение состояния.
4. Уравнение притока тепла ( I начало термодинамики ).
5. Массовые силы, действующие в атмосфере.
6. Поверхностные силы, действующие в атмосфере.
7. Потoki и притоки тепла и водяного пара в ламинарной атмосфере.
8. Понятие об атмосферной турбулентности. Осреднение уравнений.
9. Турбулентные потоки и притоки свойств.
10. Замыкание системы осредненных уравнений для турбулентной атмосферы.
11. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Приток энергии турбулентности за счет сдвига среднего потока.
12. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Приток энергии турбулентно-

сти за счет действия силы Архимеда.

13. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Диссипация и диффузия энергии турбулентности.
14. Геопотенциал.
15. Условия вертикальной статической устойчивости.
16. Основное уравнение статики атмосферы.
17. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условие стационарности атмосферных движений.
18. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условие горизонтальной однородности атмосферных движений.
19. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условия, позволяющие рассматривать атмосферные движения как плоские и не учитывать силу трения.
20. Геострофический ветер.
21. Градиентный ветер.
22. Термический ветер.
23. Изменение геострофического ветра с высотой при различном соотношении между направлениями горизонтальных градиентов давления и температуры.
24. Геострофическая адвекция температуры.
25. Общая постановка задачи о строении ППС атмосферы.
26. Модель стационарного, горизонтально-однородного ПС (упрощение модели стационарного, горизонтально-однородного ППС для малых  $Z$ ).
27. Модель ПС, основанная на теории подобия.
28. Профили метеоэлементов в ПС при безразличной стратификации.
29. Профили метеоэлементов в ПС при стратификации, близкой к безразличной.
30. Профили метеоэлементов в ПС при предельно неустойчивом состоянии (режим свободной конвекции).
31. Профили метеоэлементов в ПС при предельно устойчивом состоянии (режим глубокой инверсии).
32. Обобщение модели ПС на случай учета стратификации влажности.
33. Модель стационарного, горизонтально-однородного ППС с априорно заданным профилем коэффициента турбулентности.
34. Распределение ветра с высотой в Экмановском погранслое.
35. Распределение с высотой температуры и влажности в Экмановском погранслое.
36. Определение коэффициента турбулентности по аэрологическим наблюдениям.
37. Определение коэффициента турбулентности из замкнутой системы уравнений для ППС на основании уравнения баланса кинетической энергии турбулентности.
38. Определение верхней границы ППС как уровня, на котором ветер впервые совпадает с геострофическим: а) по направлению; б) по модулю.
39. Определение верхней границы ППС как уровня, на котором: а) ветер впервые достигает экстремального значения; б) относительное отклонение ветра от геострофического не превышает заданной малой величины.
40. Определение вертикальной скорости на верхней границе ППС.
41. Теоремы о циркуляции. Качественное объяснение образования бризов.
42. Теоремы о циркуляции. Качественное объяснение образования муссонов.
43. Постановка задачи о суточном ходе температуры воздуха.
44. Постановка задачи о ночном понижении температуры подстилающей поверхности.
45. Анализ полей давления и ветра в области фронта. Формула Маргулиса.
46. Волны Россби.
47. Трансформация полей метеоэлементов над неоднородной подстилающей поверхностью.
48. Уравнение баланса для основных видов энергии в атмосфере

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 399 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=391608>
2. Ерёмкина Н.С. Методические указания по дисциплине «Динамическая метеорология» для высших учебных заведений. Направление подготовки 05.03.05. — Прикладная гидрометеорология. Профиль подготовки — Прикладная океанология. — СПб.: РГГМУ, 2016. — 16 с [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/rid\\_7bff377034fa488c88077326174faea6.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_7bff377034fa488c88077326174faea6.pdf)

### **б) дополнительная литература:**

1. Клемин, В. В. Динамика атмосферы: учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Гидрометеорология" и специальностям "Метеорология" и "Метеорология специального назначения" / Воен.-косм. акад. им. А. Ф. Можайского ; В. В. Клёмин, Ю. В. Кулешов, С. С. Суворов, Ю. Н. Волконский ; [под общ. ред. С. С. Суворова и В. В. Клёмина]. - Санкт-Петербург : Наука, 2013. – 420 с.
2. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии/Лекции для аспирантов и студентов старших курсов метеорологических специальностей и научных работников. М.: ТРИАДА ЛТД, Москва, 2013. - 160 с.
3. Радикевич В.М. Динамическая метеорология для океанологов. – Л.: изд.ЛПИ (ЛГМИ), 1985. – 157с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213174722.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213174722.pdf)
4. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.
5. Русин И.Н. Динамическая метеорология (ознакомительный курс). Курс лекций. – СПб.: изд. РГГМУ, 2008. – 274с.
6. Динамическая метеорология. // Под ред. Лайхтмана Д.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 607 с.
7. Гандин Л.С., Лайхтман Д.Л., Матвеев Л.Т., Юдин М.И. Основы динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1955. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-214133121.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-214133121.pdf)
8. Гаврилов А.С. и др. Задачник по динамической метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 166 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213163549.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213163549.pdf)
9. Калинин Н.А. Динамическая метеорология. – Пермь: Издательство Пермского университета, 2001.

### **в) Программное обеспечение:**

- 1) Операционная система windows 7
- 2) Пакет прикладных программ Microsoft office

### **г) Интернет-ресурсы**

1. Электронный ресурс: <https://www.meted.ucar.edu/>
2. Электронный ресурс: <http://www.atm.ox.ac.uk/main/>
3. Электронный ресурс: <http://eaps-www.mit.edu/paoc/>
4. Электронный ресурс: <http://journals.ametsoc.org/>

### **д) Профессиональные базы данных:**

Базы метеорологических данных <http://meteolab.rshu.ru:8080>

### **е) Информационные справочные системы**

- ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
- Электронно-библиотечная система: Znanium – <http://znanium.com/catalog.php>

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 7.1. Методическое обеспечение самостоятельной работы

Учебники и учебные пособия, приведенные в списке литературы.

Методическое обеспечение аудиторной работы – варианты тестовых и контрольных расчетных заданий.

Справочные и информационные материалы на сайте RSHU.

### 7.2. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Усвоение изучаемого материала проверяется в результате текущего контроля во время лекций (путем опросов), лабораторных и практических занятий (по результатам тестирования и выполнения контрольных расчетных заданий). Оценки (в баллах) выставляются за все виды текущего контроля и мероприятий промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в форме устного экзамена, включающего ответ на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка за период обучения (семестр) выставляется после прохождения промежуточной аттестации с использованием системы накопления баллов и учитывает результаты экзамена, текущей работы, выполнения тестовых заданий, контрольных расчетных работ, посещаемости занятий.

В итоговой оценке учитываются:

- результаты текущей работы на лабораторных и практических занятиях, результаты выполнения домашних заданий;
- результаты выполнения контрольных мероприятий (тестов, расчетных заданий);
- посещаемость занятий;
- результаты экзамена.

## 8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Общие принципы и инструменты динамической метеорологии	<u>информационные технологии:</u> 1. проведение компьютерного тестирования 2. использование баз данных <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a> 3. Базы метеорологических данных <a href="http://meteolab.rshu.ru:8080">http://meteolab.rshu.ru:8080</a>
Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы		
Замкнутая система уравнений для турбулентной атмосферы		
Динамика и термодинамика свободной атмосферы		
Планетарный пограничный (ППС) и приземный		



(ПС) слои атмосферы		
Процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью		
Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном		

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мелованной доской 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.