

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа по дисциплине

**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА  
(ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА)**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

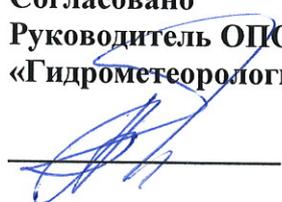
**05.03.04 Гидрометеорология**

Направленность (профиль)  
**Гидрометеорология**

Квалификация:  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Гидрометеорология»

  
Абанников В.Н.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
15 февраля 2018 г., протокол № 6  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Кузнецов А.Д.

Авторы-разработчики:  
\_\_\_\_\_ Егоров К.Л.

Санкт-Петербург 2018

Рекомендована учёным советом метеорологического факультета РГГМУ  
(Протокол №\_\_\_ от \_\_\_\_\_2018 г.)

**Составил:**

Егоров К.Л. –доцент кафедры динамики атмосферы и космического земледения  
Российского государственного гидрометеорологического университета.

**Рецензент:**

Сафрай А.С.. – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории геофизических  
пограничных слоев Санкт-Петербургского филиала Института океанологии  
им.П.П.Ширшова РАН

©К.Л.Егоров, 2018.  
© РГГМУ, 2018.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» – подготовка бакалавров гидрометеорологии, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в объеме, необходимом для анализа физических взаимосвязей между параметрами изучаемых гидродинамических процессов в атмосфере и в океане и причинами, их определяющими, с учётом особенностей, обусловленных такими факторами, как вращение Земли, плотностная стратификация, трение и орография.

Основная задача дисциплины «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» связана с освоением студентами:

- теоретических основ математического описания гидродинамических процессов во вращающейся системе координат;

- теоретических принципов упрощения уравнений в задачах по изучению гидродинамических явлений с различными характерными масштабами, свойственными динамике атмосферных и океанических движений;

- результатов анализа взаимосвязей между параметрами составных элементов сложной структуры течений в атмосфере и в океанах и упомянутыми выше геофизическими факторами;

- практических навыков решения задач по определению конкретных значений физических параметров в различных гидрометеорологических явлениях.

Дисциплина изучается всеми студентами, обучающимися по программе подготовки бакалавров гидрометеорологии на метеорологическом факультете.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Механика жидкости и газа (Геофизическая гидродинамика)» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология, относится к обязательным дисциплинам вариативной части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Информатика», «Геофизика», «Физическая метеорология. (Физика атмосферы, океана и вод суши)», «Теоретическая механика», «Механика жидкости и газа (гидромеханика)».

Параллельно с дисциплиной «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» изучаются «Вычислительная математика», «Математика (Теория вероятности и математическая статистика)», «Методы наблюдения и анализа в гидрометеорологии» и др.

Дисциплина «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» является базовой для изучения дисциплин: «Экология», «Динамическая метеорология», «Атмосферное электричество», «Физика облаков», «Контроль загрязнения природной среды», «Вихревая динамика», «Ассимиляция гидрометеорологических данных», «Численные методы математического моделирования», «Автоматизированные методы обработки гидрометеорологической информации (Статистические методы анализа гидрометеорологической информации)», «Методы зондирования окружающей среды», «Синоптическая метеорология», «Космическая метеорология», «Авиационная метеорология», «Дополнительные главы параметризации физических процессов», «Дополнительные разделы численных методов решения задач гидродинамики» и др.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

| Код компетенции | Компетенция   |
|-----------------|---|
| ОК-7            | Способность к самоорганизации и самообразованию.  |
| ОПК-1           | Владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик. |
| ОПК-2           | Владение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии, биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в гидрометеорологии.  |
| ППК-1           | Способность получать и проводить контроль качества оперативных гидрометеорологических данных, применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными                         |

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» обучающийся должен:

#### **Знать:**

- причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле (ОК-7, ОПК-1);
- наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане (ОПК-1, ОПК-2);
- взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими (ОПК-2, ППК-1).

#### **Уметь:**

- применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений (ОПК-2, ППК-1);
- объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов (ОПК-2).

#### **Владеть:**

- знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач (ОПК-1);
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера (ОПК-1, ОПК-2).

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» сведены в таблице.

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

| Этап<br>(уровень)<br>освоения<br>компетенции | Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня) |   |   |   |  |
|--|---|---|---|---|--|
|  | 1.  | 2.  | 3.  | 4.  | 5.   |
| минимальный                                  | не владеет  | слабо ориентируется в терминологии и содержании   | Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой                    | Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой   | Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала  |
|  | не умеет  | не выделяет основные идеи                         | Способен показать основную идею в развитии  | Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами  | Может соотнести основные идеи с современными проблемами  |
|  | не знает  | допускает грубые ошибки                           | Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике                      | Понимает специфику основных рабочих категорий   | Способен выделить характерный авторский подход   |
| базовый                                      | не владеет  | плохо ориентируется в терминологии и содержании   | Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал           | Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций   | Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал  |
|  | не умеет  | выделяет основные идеи, но не видит проблем       | Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее                                      | Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой   | Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике   |
|  | не знает  | допускает много ошибок                            | Может изложить основные рабочие категории   | Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области  | Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области  |
| продвинутый                                  | не владеет  | ориентируется в терминологии и содержании         | В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой | Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению  | Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области                     |
|  | не умеет  | выделяет основные идеи, но не видит их в развитии | Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания      | Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа | Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области |
|  | не знает  | допускает ошибки при выделении рабочей области    | Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа      | Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их   | Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа   |

|  |  |         |  |             |  |
|--|--|---------|--|-------------|--|
|  |  | анализа |  | сопоставить |  |
|--|--|---------|--|-------------|--|

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

| Объём дисциплины   | Всего часов   |   |
|--|---|---|
|  | Очная форма обучения  |   |
|  | 2016, 2017, 2018 года набора  | 2015 год набора   |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>   | <b>108 часов</b>  |   |
| <b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b> | <b>60</b>   | <b>44</b>   |
| в том числе:   |   |   |
| лекции   | <b>30</b>   | <b>14</b>   |
| практические занятия   | <b>30</b>   | <b>30</b>   |
| семинарские занятия  | -   | -   |
| <b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>   | <b>12</b>   | <b>19</b>   |
| в том числе:   |   |   |
| курсовая работа  | -   | -   |
| контрольная работа   | -   | -   |
| <b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>  | <b>экзамен</b><br>(трудозатраты при подготовке и сдаче экзамена 36 часов) | <b>экзамен</b><br>(трудозатраты при подготовке и сдаче экзамена 45 часов) |

#### 4.1. Структура дисциплины

2015 год набора

| № п/п | Раздел дисциплины   | Семестр | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час |                        |                    | Форма текущего контроля успеваемости | Занятий в активной или интерактивной форме | Формируемые компетенции |
|-------|---|---------|---|------------------------|--------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|
|       |   |         | Лекции  | Лаб. и практич. работы | Самостоя т. работа |                                      |  |                         |
| 1     | Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ | 4       | 1   | 2                      | 2                  | Вопросы и ответы в баллах            | 0  | ОК-7<br>ОПК-1           |
| 2     | Уравнения гидродинамики для турбулентного течения                     | 4       | 2   | 2                      | 2                  | Вопросы и ответы в баллах            | 0  | ОК-7<br>ОПК-1           |

|   |   |           |           |           |           |  |          |                        |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--|----------|------------------------|
| 3   | Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле     | 4         | 1         | 2         | 3         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-1<br>ОПК-2         |
| 4   | Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения     | 4         | 2         | 10        | 3         | Вопросы и ответы в баллах, контрольное расчетное задание | 0        | ОПК-2<br>ППК-1         |
| 5   | Вихревая динамика   | 4         | 2         | 2         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-2<br>ППК-1         |
| 6   | Волны в геофизических средах                                | 4         | 2         | 4         | 3         | Вопросы и ответы в баллах                                | 0        | ОК-7<br>ОПК-1          |
| 7   | Планетарные пограничные слои (ППС)                          | 4         | 1         | 4         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 0        | ОК-7<br>ОПК-1<br>ППК-1 |
| 8   | Основные элементы общей циркуляции атмосферы                | 4         | 1         | 2         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-1<br>ОПК-2<br>ПК-2 |
| 9   | Баротропная неустойчивость                                  | 4         | 1         | 0         | 0         | Опрос  | 2        | ОПК-2                  |
| 10  | Особенности крупномасштабной структуры океанических течений | 4         | 1         | 2         | 0         | Опрос  | 0        | ОК-7<br>ОПК-2          |
| <b>Итого</b>  |   |           | <b>14</b> | <b>30</b> | <b>19</b> |  | <b>8</b> |                        |
| С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (45 часов) |   | 108 часов |           |           |           |  |          |                        |

2016, 2017, 2018 года набора

| № п/п | Раздел дисциплины   | Семестр | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час |                        |                    | Форма текущего контроля успеваемости | Занятий в активной или интерактивной форме | Формируемые компетенции |
|-------|---|---------|---|------------------------|--------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|
|       |   |         | Лекции  | Лаб. и практич. работы | Самостоя т. работа |                                      |  |                         |
| 1     | Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ | 4       | 4   | 2                      | 1                  | Вопросы и ответы в баллах            | 0  | ОК-7<br>ОПК-1           |
| 2     | Уравнения гидродинамики для турбулентного течения                     | 4       | 4   | 2                      | 1                  | Вопросы и ответы в баллах            | 0  | ОК-7<br>ОПК-1           |

|   |   |           |           |           |           |  |          |                        |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--|----------|------------------------|
| 3   | Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле     | 4         | 2         | 2         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-1<br>ОПК-2         |
| 4   | Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения     | 4         | 4         | 10        | 2         | Вопросы и ответы в баллах, контрольное расчетное задание | 0        | ОПК-2<br>ППК-1         |
| 5   | Вихревая динамика   | 4         | 4         | 2         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-2<br>ППК-1         |
| 6   | Волны в геофизических средах                                | 4         | 4         | 4         | 2         | Вопросы и ответы в баллах                                | 0        | ОК-7<br>ОПК-1          |
| 7   | Планетарные пограничные слои (ППС)                          | 4         | 2         | 4         | 1         | Вопросы и ответы в баллах                                | 0        | ОК-7<br>ОПК-1<br>ППК-1 |
| 8   | Основные элементы общей циркуляции атмосферы                | 4         | 2         | 2         | 1         | Вопросы и ответы в баллах                                | 2        | ОПК-1<br>ОПК-2<br>ПК-2 |
| 9   | Баротропная неустойчивость                                  | 4         | 2         | 0         | 0         | Опрос  | 2        | ОПК-2                  |
| 10  | Особенности крупномасштабной структуры океанических течений | 4         | 2         | 2         | 0         | Опрос  | 0        | ОК-7<br>ОПК-2          |
| <b>Итого</b>  |   |           | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>12</b> |  | <b>8</b> |                        |
| С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (36 часов) |   | 108 часов |           |           |           |  |          |                        |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1 Основные уравнения динамики жидкости и их анализ

Уравнения движения и неразрывности как отражение законов сохранения количества движения и массы. Реальные силы, действующие в жидкости. Связь скоростей и ускорений в неподвижной и вращающейся системах координат. Ускорение Кориолиса. Сила тяжести и сила Кориолиса. Уравнения движения во вращающейся системе координат.

Уравнения движения в сферической системе координат, связанной с вращающейся Землёй.

Закон сохранения энергии. Уравнение притока тепла. Уравнения переноса других субстанций. Уравнение состояния.

Уравнение статики, его следствия. Геопотенциал и его изменения.

Квазистатические вертикальные перемещения элементов среды и их термодинамические эффекты.

### 4.2.2 Уравнения гидродинамики для турбулентного течения

Турбулентное движение, средние величины и флуктуации. Осреднение физических полей в турбулентном потоке. Осреднение уравнений движения, неразрывности, переноса тепла, водяного пара и примеси. Турбулентные потоки и притоки различных субстанций.

#### **4.2.3 Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле**

Характерные масштабы и безразмерные величины. Приведение уравнений к безразмерному виду. Безразмерные комплексы и критерии подобия.

Принцип упрощения уравнений. Классификация движений по характерным масштабам и критериям подобия.

#### **4.2.4 Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения**

Геострофическое движение. Градиентное движение по криволинейным изобарам. Циклострофическое движение. Инерционные движения, круги инерции.

Изменение горизонтального барического градиента и геострофического движения с высотой.

Поверхности раздела, основные свойства. Наклон поверхности раздела. Особенности динамики течений в экваториальной зоне.

#### **4.2.5 Вихревая динамика**

Уравнения теории мелкой воды. Интегральные соотношения. Абсолютный и относительный вихрь скорости. Уравнение переноса вихря. Условие сохранения абсолютного вихря. Потенциальный вихрь.

#### **4.2.6 Волны в геофизических средах**

Уравнения линейной теории волн. Звуковые волны. Гравитационные волны в стратифицированной среде. Волны на поверхности раздела.

Влияние вращения Земли на гравитационные волны. Инерционные волны Россби, их фазовая и групповая скорости. Орографические волны, волны Кельвина.

#### **4.2.7 Планетарные пограничные слои (ППС)**

Уравнения движения для стационарного, горизонтально однородного ППС. Распределение скорости и сил по высоте в верхнем слое океана и в пограничном слое атмосферы, толщина ППС.

#### **4.2.8 Основные элементы общей циркуляции атмосферы**

Основной характер переноса воздушных масс в средних широтах и в экваториальной зоне. Ячейки Гадля.

#### **4.2.9 Баротропная неустойчивость**

Неустойчивость гравитационных волн в среде с вертикальным сдвигом скорости. Влияние меридионального сдвига скорости на устойчивость планетарных волн в зональном потоке.

#### **4.2.10 Особенности крупномасштабной структуры океанических течений**

Течение Свердруп. Западные пограничные слои, влияние рельефа дна. Экваториальные противотечения.

#### 4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование занятий  | Форма проведения     | Формируемые компетенции |
|-------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| 1     | 1                    | Дифференциальные характеристики метеорологических полей           | Лабораторное занятие | ОПК-2                   |
| 2     | 2                    | Кинематические характеристики потока                              | Лабораторное занятие | ОПК-2                   |
| 3     | 3,4                  | Связь между индивидуальной, локальной и конвективной производными | Лабораторное занятие | ОПК-2                   |
| 4     | 4                    | Геострофическое, градиентное и инерционное движение               | Лабораторное занятие | ППК-1                   |
| 5     | 4                    | Термический ветер   | Лабораторное занятие | ППК-1                   |
| 6     | 5                    | Динамика вихря  | Лабораторное занятие | ППК-1                   |
| 7     | 6                    | Гравитационные волны  | Лабораторное занятие | ОК-7<br>ОПК-2           |
| 8     | 6                    | Планетарные волны Россби  | Лабораторное занятие | ОК-7<br>ППК-1           |
| 9     | 7                    | Спираль Экмана  | Лабораторное занятие | ППК-1                   |
| 10    | 8                    | Общая циркуляция атмосферы  | Лабораторное занятие | ОК-7<br>ППК-1           |
| 11    | 10                   | Особенности океанических течений                                  | Лабораторное занятие | ППК-1                   |

Практических и семинарских занятий учебным планом не предусмотрено.

### 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.

##### 5.1.1. Образцы заданий текущего контроля

## а) Образцы заданий тестового контроля

1. Сила Кориолиса пропорциональна:

- а) – скалярному произведению вектора скорости и вектора вращения Земли вокруг собственной оси;
  - б) – векторному произведению вектора вращения Земли и силы тяжести;
  - в) – векторному произведению скорости движения и вектору вращения Земли;
  - г) – скалярному произведению относительного вихря и вектора вращения Земли.
- (Правильный ответ – в)

2. Циклоническая система в северном полушарии характеризуется

- а) – низким давлением в центре и вращательным движением по часовой стрелке;
  - б) – высоким давлением в центре и вращательным движением по часовой стрелке;
  - в) – низким давлением в центре и вращательным движением против часовой стрелки;
  - г) – высоким давлением в центре и вращательным движением против часовой стрелки.
- (Правильный ответ – в)

## 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  $1.2 \text{ К/100 км}$ , 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.

### 5.1.2. Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Подготовка рефератов, эссе, докладов по данной дисциплине не предусмотрена.

### 5.1.3. Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

## **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. Промежуточный контроль: экзамен**

На экзамене от студента требуется ответить на теоретические вопросы.

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Законы сохранения импульса и массы, их следствия (уравнения гидродинамики). Реальные силы, действующие в сплошной среде.
2. Связь изменений произвольного вектора в неподвижной и вращающейся системах координат.
3. Связь ускорений в неподвижной и вращающейся системе координат.
4. Центробежная сила вращения Земли, её проявление. Сила тяжести.
5. Сила Кориолиса, её проявление.
6. Баланс сил в статических условиях, основные следствия.
7. Геопотенциал, его связь с давлением.
8. Связь между горизонтальным барическим градиентом, наклоном изобарических поверхностей и горизонтальным градиентом геопотенциала изобарических поверхностей.
9. Связь изменений абсолютного и относительного геопотенциалов изобарических поверхностей с изменениями давления и температуры.
10. Первое начало термодинамики, уравнение притока тепла. Уравнение состояния для атмосферы и океана.
11. Изменение температуры в частице воздуха при её вертикальных квазистатических перемещениях.
12. Связь между температурой и давлением в частице воздуха при адиабатических процессах. Потенциальная температура.
13. Связь между изменениями по вертикали абсолютной и потенциальной температур. Преобразование уравнения притока тепла с использованием потенциальной температуры.
14. Условия вертикальной статической устойчивости индивидуальной частицы (в океане и в атмосфере) и самой среды. Критерии устойчивости.
15. Турбулентность: понятие и условия возникновения.
16. Осреднение физической величины в турбулентном потоке. Выбор периода осреднения. Спектр атмосферных движений.
17. Правила осреднения физических величин.
18. Приведение уравнений переноса различных субстанций к дивергентной форме. Осреднение уравнений.
19. Тензор турбулентных касательных напряжений и турбулентные потоки других субстанций. Связь между турбулентными потоками и полями средних величин.
20. Характерные масштабы, безразмерные функции.
21. Приведение уравнения движения к безразмерному виду. Критерии подобия.
22. Классификация атмосферных движений. Спектр атмосферных движений.

23. Условия упрощения уравнений для стационарных, горизонтально-однородных, плоских течений.
24. Условия упрощения уравнений движения для свободной атмосферы, пограничного слоя и приземного слоя.
25. Упрощение уравнений движения в проекции на вертикальную ось.
26. Установившееся движение в свободной атмосфере в поле прямолинейных и круговых изобар.
27. Связь между скоростью движения по круговым изобарам и геострофической величиной ветра. Приближённые формулы при больших радиусах кривизны изобар.
28. Инерционные движения в поле силы Кориолиса и циклострофический ветер.
29. Связь между значениями горизонтального градиента давления на различных высотах.
30. Изменение геострофического ветра с высотой. Термический ветер.
31. Геострофическая адвекция температуры. Ее связь с изменением ветра по высоте.
32. Агеострофические отклонения в свободной атмосфере. Их связь с ускорением. Формирование вертикальных движений в свободной атмосфере за счет агеострофических отклонений.
33. Вихрь скорости относительный, переносный и абсолютный. Связь относительного вихря с полем давления.
34. Уравнение вихря. Факторы, приводящие к изменению относительного вихря. Условия сохранения абсолютного вихря.
35. Поверхности раздела в атмосфере. Типы разрывов. Примеры формирования поверхностей раздела.
36. Динамические и кинематические условия на поверхности раздела.
37. Ориентация поверхности раздела в пространстве. Связь ее наклона с полем давления.
38. Связь между наклоном поверхности раздела и разрывами параметров среды (скоростью ветра и температуры).
39. Связь между вертикальными скоростями в различных воздушных массах на поверхности раздела.
40. Анализ поля ветра и поля давления в области фронта.
41. Качественное описание возникновения гравитационных колебаний частицы воздуха в стратифицированной среде.
42. Качественное описание возникновения волновых движений в поле силы Кориолиса и барического градиента.
43. Основные параметры волн. Связь между ними.
44. Вывод уравнений движения и уравнения неразрывности для малых волновых возмущений.
45. Преобразования уравнения притока тепла для малых волновых отклонений.
46. Преобразование системы для волновых возмущений с использованием функции тока и потенциала скорости. Анализ факторов определяющих существование различных волн.
47. Принцип вывода дисперсионного уравнения (для высокочастотных волн).
48. Звуковые волны. Фильтрация звуковых волн.
49. Гравитационные волны. Частоты гравитационных волн.
50. Инерционные планетарные волны Россби. Их частота и фазовая скорость.
51. Средний глобальный перенос воздушных масс.
52. Пограничные слои в океане и в атмосфере. Постановка задачи Экмана для распределения скорости ветрового дрейфового течения в верхнем слое океана.
53. Интегрирование уравнений задачи Экмана. Спираль Экмана.
54. Распределение ветра с высотой в пограничном слое атмосферы.
55. Волны Кельвина.
56. Топографические волны.
57. Течение Свердруп.
58. Особенности динамики океанических течений у западных берегов.

59. Особенности динамики потоков в экваториальной зоне.
60. Неустойчивость гравитационных волн в среде с вертикальным сдвигом скорости.
61. Влияние меридионального сдвига скорости на устойчивость планетарных волн в зональном потоке.
62. Условия бароклинной неустойчивости. Простейшие критерии бароклинной неустойчивости.

### Образцы билетов к экзамену

#### Экзаменационный билет №2.

Российский государственный гидрометеорологический университет  
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы  
Курс Механика жидкости и газа (Геофизическая гидродинамика)

1. Связь изменений произвольного вектора в неподвижной и вращающейся системах координат.
2. Уравнение вихря. Факторы, приводящие к изменению относительного вихря. Условия сохранения абсолютного вихря.

заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (А.Д. Кузнецов)

---

#### Экзаменационный билет №24

Российский государственный гидрометеорологический университет  
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы  
Курс Механика жидкости и газа (Геофизическая гидродинамика)

1. Изменение горизонтального градиента давления с высотой.
2. Динамические и кинематические условия на поверхности раздела.

заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (А.Д. Кузнецов)

---

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

#### а) основная 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. 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>

#### б) дополнительная литература:

1. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т.1 и 2. – М.: Мир, 1984. – Т.1. 400 с.; Т.2. 411 с.

2. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.

3. Динамическая метеорология. // Под ред. Лайхтмана Д.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 607 с.
4. Гандин Л.С., Лайхтман Д.Л., Матвеев Л.Т., Юдин М.И. Основы динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1955.
5. Гаврилов А.С. и др. Задачник по динамической метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 166 с.
6. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред. – М.: Наука, 1982. – 335 с.
7. 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.

#### **в) Интернет источники**

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

### **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 занятий (по результатам тестирования и выполнения контрольных расчетных заданий). Оценки (в баллах) выставляются за все виды текущего контроля и мероприятий промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация 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 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  |
|--------------------------|---|---|
| Темы 1-10                | <u>информационные технологии:</u><br>1. проведение компьютерного тестирования<br>2. использование баз данных<br><u>образовательные технологии</u><br>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента<br>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения | 1. Электронно-библиотечная система Знаниум <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a><br>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a><br>3. Электронный конспект лекций<br>4. Справочные и информационные материалы на сайте RSHU |

### 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.