

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ОСНОВЫ ФИЗИКИ АТМОСФЕРНОЙ АКУСТИКИ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы магистратуры по направлению  
подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Моделирование атмосферных процессов**

Квалификация:

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Моделирование атмосферных  
процессов»

 Анискина О.Г.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
13 мая 2019 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:  
 Дробжева Я.В.

**Составил:** Дробжева Я.В. – д.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой метеорологических прогнозов Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ).

© Я.В. Дробжева, 2019.  
© РГГМУ, 2019.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «Основы физики атмосферной акустики» – подготовка магистрантов, владеющих теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для понимания современного состояния теории и численного моделирования переноса энергии и количества движения акустическими волнами, генерированными приземными естественными и искусственными источниками, от земной поверхности до высот верхней атмосферы.

**Основные задачи дисциплины** «Основы физики атмосферной акустики» связаны с освоением студентами:

- общих сведений о теории движения жидкостей и газов;
- современного уровня теоретических разработок распространения акустических волн в атмосфере;
- теории и модели нелинейного распространения акустических волн в неоднородной атмосфере.

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы физики атмосферной акустики» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла подготовки магистров по профилю подготовки «Моделирование атмосферных процессов».

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Физика», «Механика жидкостей и газа», «Физика атмосферы», «Динамическая метеорология», «Линейная теория атмосферных волн», изучаемых по программе подготовки бакалавра.

Параллельно с дисциплиной «Основы физики атмосферной акустики» изучаются такие дисциплины, как «Дистанционные методы зондирования атмосферы», «Нелинейные процессы и взаимодействия в атмосфере Земли».

Дисциплина «Основы физики атмосферной акустики», является базовой для проведения научно-исследовательской работы, преддипломной практики. Знания, полученные в ходе изучения данной дисциплины, могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы магистра.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-4	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований.
ПК-1	Понимание и творческое использование в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин.

<b>ПК-4</b>	Готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах.
-------------	--

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Основы физики атмосферной акустики» обучающийся должен:

Знать:

- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа): гидродинамические уравнения для идеальной и вязкой жидкости;
- частотный диапазон акустических волн, классификацию акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая), а также источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения);
- фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии (необходимость выделения искусственных возмущений (для идентификации их источников) на фоне регулярных возмущений естественного происхождения);
- основные положения современной теории распространения акустических волн в атмосфере (с учетом неоднородности атмосферы, поглощения, нелинейных эффектов и сферической расходимости волнового фронта), а также сложности моделирования распространения акустических волн в атмосфере;
- современную модель распространения акустических волн в атмосфере (основные блоки), а также модели для расчета входных параметров (высотные профили атмосферы, временные формы начальных акустических импульсов), и результаты проверки ее адекватности на основе эксперимента;
- пространственно-временные характеристики акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере.

Уметь:

- рассчитывать высотные профили атмосферы (температуру, давление, скорость звука), используя международную модель атмосферы NRLMSIS-00;
- Рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM-93;
- рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере;
- рассчитывать начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником;
- рассчитывать начальную форму синусоидального акустического сигнала.

Владеть:

- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;
- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Основы физики атмосферной акустики» сведены в таблице.

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

Этап (уровень) освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 минимальный	4 базовый	5 продвинутый
<b>Первый этап (уровень) (ОПК-4)</b>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Основы физики атмосферной акустики»;</li> <li>- методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>- навыками работы с основными моделями, необходимыми для исследования распространения акустических волн в атмосфере, а также компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях.</li> </ul>	<p><b>Не владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «основы физики атмосферной акустики»;</li> <li>- методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>- навыками работы с основными моделями, необходимыми для исследования распространения акустических волн в атмосфере, а также компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях.</li> </ul>	<p><b>Недостаточно владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «основы физики атмосферной акустики»;</li> <li>- методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>- навыками работы с основными моделями, необходимыми для исследования распространения акустических волн в атмосфере, а также компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях.</li> </ul>	<p><b>Хорошо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «основы физики атмосферной акустики»;</li> <li>- методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>- навыками работы с основными моделями, необходимыми для исследования распространения акустических волн в атмосфере, а также компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях.</li> </ul>	<p><b>Свободно владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «основы физики атмосферной акустики»;</li> <li>- методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>- навыками работы с основными моделями, необходимыми для исследования распространения акустических волн в атмосфере, а также компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях.</li> </ul>

<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность;</li> <li>- выбирать оптимальные методы и средства решения поставленных задач.</li> <li>- производить расчеты необходимых параметров, на основе использования международных моделей атмосферы, ионосферы, и модели распространения акустических волн в атмосфере.</li> </ul> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме распространения акустических волн в атмосфере</li> <li>- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа)</li> <li>- частотный диапазон акустических волн, классификацию акустических волн по виду «фронта» волны, источники акустических волн;</li> <li>- основные положения</li> </ul>	<p><b>Не умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность;</li> <li>- выбирать оптимальные методы и средства решения поставленных задач.</li> <li>- производить расчеты необходимых параметров, на основе использования международных моделей атмосферы, ионосферы, и модели распространения акустических волн в атмосфере.</li> </ul> <p><b>Не знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме распространения акустических волн в атмосфере</li> <li>- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа)</li> <li>- частотный диапазон акустических волн, классификацию</li> </ul>	<p><b>Слабо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность;</li> <li>- выбирать оптимальные методы и средства решения поставленных задач.</li> <li>- производить расчеты необходимых параметров, на основе использования международных моделей атмосферы, ионосферы, и модели распространения акустических волн в атмосфере.</li> </ul> <p><b>Плохо описывает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме распространения акустических волн в атмосфере</li> <li>- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа)</li> <li>- частотный диапазон акустических волн, классификацию</li> </ul>	<p><b>Умеет с помощью преподавателя:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность;</li> <li>- выбирать оптимальные методы и средства решения поставленных задач.</li> <li>- производить расчеты необходимых параметров, на основе использования международных моделей атмосферы, ионосферы, и модели распространения акустических волн в атмосфере.</li> </ul> <p><b>Хорошо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме распространения акустических волн в атмосфере</li> <li>- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа)</li> <li>- частотный диапазон акустических волн, классификацию</li> </ul>	<p><b>Умеет самостоятельно:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность;</li> <li>- выбирать оптимальные методы и средства решения поставленных задач.</li> <li>- производить расчеты необходимых параметров, на основе использования международных моделей атмосферы, ионосферы, и модели распространения акустических волн в атмосфере.</li> </ul> <p><b>Свободно излагает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме распространения акустических волн в атмосфере</li> <li>- математическое описание состояния движущейся жидкости (газа)</li> <li>- частотный диапазон акустических волн, классификацию</li> </ul>
---	--	--	---	---

	<p>современной теории распространения акустических волн в атмосфере;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику разработки планов и программ проведения научных исследований.</li> </ul>	<p>акустических волн по виду «фронта» волны, источники акустических волн;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения современной теории распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- методику разработки планов и программ проведения научных исследований.</li> </ul>	<p>акустических волн по виду «фронта» волны, источники акустических волн;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения современной теории распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- методику разработки планов и программ проведения научных исследований.</li> </ul>	<p>акустических волн по виду «фронта» волны, источники акустических волн;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения современной теории распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- методику разработки планов и программ проведения научных исследований.</li> </ul>	<p>акустических волн по виду «фронта» волны, источники акустических волн;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения современной теории распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- методику разработки планов и программ проведения научных исследований.</li> </ul>
<p><b>Первый этап (уровень) (ПК-1)</b></p>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- навыками работы с базами метеорологических данных;</li> <li>- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>-современными средствами компьютерной графики и текстовыми процессорами, используемыми при подготовке отчетов о проведенных исследованиях.</li> </ul>	<p><b>Не владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- навыками работы с базами метеорологических данных;</li> <li>- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>-современными средствами компьютерной графики.</li> </ul>	<p><b>Слабо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- навыками работы с базами метеорологических данных;</li> <li>- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>-современными средствами компьютерной графики.</li> </ul>	<p><b>Хорошо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- навыками работы с базами метеорологических данных;</li> <li>- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>-современными средствами компьютерной графики.</li> </ul>	<p><b>Уверенно владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой разработки модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>- навыками работы с базами метеорологических данных;</li> <li>- методикой проверки адекватности расчетов, полученных по модели распространения акустических волн в атмосфере;</li> <li>-современными средствами компьютерной графики.</li> </ul>

	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать высотные профили атмосферы, используя международную модель атмосферы NRLMSIS;</li> <li>- рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM;</li> <li>-рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере, а также начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником, и форму синусоидального акустического сигнала;</li> <li>-решать задачи получения точечных оценок и доверительных интервалов параметров распределений случайных величин, а также проверки соответствия выдвигаемых гипотез наблюдательным данным.</li> </ul> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и прикладные аспекты развития теории переноса</li> </ul>	<p><b>Не умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать высотные профили атмосферы, используя международную модель атмосферы NRLMSIS;</li> <li>- рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM;</li> <li>-рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере, а также начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником, и форму синусоидального акустического сигнала;</li> <li>-решать задачи получения точечных оценок и доверительных интервалов параметров распределений случайных величин, а также проверки соответствия выдвигаемых гипотез наблюдательным данным.</li> </ul> <p><b>Не знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и прикладные аспекты</li> </ul>	<p><b>Затрудняется:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>рассчитывать высотные профили атмосферы, используя международную модель атмосферы NRLMSIS;</li> <li>- рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM;</li> <li>-рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере, а также начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником, и форму синусоидального акустического сигнала;</li> <li>-решать задачи получения точечных оценок и доверительных интервалов параметров распределений случайных величин, а также проверки соответствия выдвигаемых гипотез наблюдательным данным.</li> </ul> <p><b>Плохо описывает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и прикладные аспекты</li> </ul>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>рассчитывать высотные профили атмосферы, используя международную модель атмосферы NRLMSIS;</li> <li>- рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM;</li> <li>-рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере, а также начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником, и форму синусоидального акустического сигнала;</li> <li>-решать задачи получения точечных оценок и доверительных интервалов параметров распределений случайных величин, а также проверки соответствия выдвигаемых гипотез наблюдательным данным.</li> </ul> <p><b>Описывает с помощью преподавателя:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и</li> </ul>	<p><b>Умеет свободно:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать высотные профили атмосферы, используя международную модель атмосферы NRLMSIS;</li> <li>- рассчитывать высотные профили скорости ветра по международной модели ветра HWM;</li> <li>-рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере, а также начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником, и форму синусоидального акустического сигнала;</li> <li>-решать задачи получения точечных оценок и доверительных интервалов параметров распределений случайных величин, а также проверки соответствия выдвигаемых гипотез наблюдательным данным.</li> </ul> <p><b>Свободно описывает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-фундаментальные (для исследования влияния акустической энергии на структуру и динамику атмосферы и ионосферы) и прикладные аспекты</li> </ul>
--	--	---	--	--	---



	<p>акустической энергии;  - экспериментальные методы исследования распространения акустических волн в атмосфере;  - гидродинамические уравнения для идеальной и вязкой жидкости;  - требования, предъявляемые к оформлению выпускной квалификационной работы, подготовленной по результатам выполненных исследований.</p>	<p>развития теории переноса акустической энергии;  - экспериментальные методы исследования распространения акустических волн в атмосфере;  - гидродинамические уравнения для идеальной и вязкой жидкости;  - требования, предъявляемые к оформлению выпускной квалификационной работы, подготовленной по результатам выполненных исследований.</p>	<p>развития теории переноса акустической энергии;  - экспериментальные методы исследования распространения акустических волн в атмосфере;  - гидродинамические уравнения для идеальной и вязкой жидкости;  - требования, предъявляемые к оформлению выпускной квалификационной работы, подготовленной по результатам выполненных исследований.</p>	<p>прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии;  - экспериментальные методы исследования распространения акустических волн в атмосфере;  - требования, предъявляемые к оформлению выпускной квалификационной работы, подготовленной по результатам выполненных исследований.</p>	<p>развития теории переноса акустической энергии;  - экспериментальные методы исследования распространения акустических волн в атмосфере;  - гидродинамические уравнения для идеальной и вязкой жидкости;  - требования, предъявляемые к оформлению выпускной квалификационной работы, подготовленной по результатам выполненных исследований.</p>
--	---	--	--	---	--



	<p><b>Уметь:</b>  - выбирать методику и средства решения поставленных задач, в частности, методику проверки адекватности моделей атмосферы и ветра;  -разработать методику и проведение численного эксперимента по распространению акустических волн в атмосфере и анализировать результаты.  -решать задачи по исследованию пространственно-временных характеристик акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере;  - анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ.</p>	<p>генерированных источниками искусственного и естественного происхождения, в атмосфере.</p> <p><b>Не умеет:</b>  -- выбирать методику и средства решения поставленных задач, в частности, методику проверки адекватности моделей атмосферы и ветра;  -разработать методику и проведение численного эксперимента по распространению акустических волн в атмосфере и анализировать результаты.  -решать задачи по исследованию пространственно-временных характеристик акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере.  - анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ.</p>	<p>генерированных источниками искусственного и естественного происхождения, в атмосфере.</p> <p><b>Затрудняется:</b>  - выбирать методику и средства решения поставленных задач, в частности, методику проверки адекватности моделей атмосферы и ветра;  -разработать методику и проведение численного эксперимента по распространению акустических волн в атмосфере и анализировать результаты.  -решать задачи по исследованию пространственно-временных характеристик акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере.  - анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ.</p>	<p>генерированных источниками искусственного и естественного происхождения, в атмосфере.</p> <p><b>Умеет:</b>  - выбирать методику и средства решения поставленных задач, в частности, методику проверки адекватности моделей атмосферы и ветра;  -разработать методику и проведение численного эксперимента по распространению акустических волн в атмосфере и анализировать результаты.  -решать задачи по исследованию пространственно-временных характеристик акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере.  - анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ.</p>	<p>распространение акустических волн, генерированных источниками искусственного и естественного происхождения, в атмосфере.</p> <p><b>Умеет свободно:</b>  - выбирать методику и средства решения поставленных задач, в частности, методику проверки адекватности моделей атмосферы и ветра;  -разработать методику и проведение численного эксперимента по распространению акустических волн в атмосфере и анализировать результаты.  -решать задачи по исследованию пространственно-временных характеристик акустических полей, генерированных импульсным и синусоидальным источником, в атмосфере.  - анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ.</p>
--	---	--	---	--	--

	<p><b>Знать:</b>  -методику разработки физических и математических моделей исследуемых акустических процессов в атмосфере;  - методику разработки проведения научных исследований;  - перечень источников акустических волн (искусственного и естественного происхождения) и особенности распространения волн в атмосфере, генерированных различными источниками.</p>	<p><b>Не знает:</b>  -методику разработки физических и математических моделей исследуемых акустических процессов в атмосфере;  - методику разработки проведения научных исследований;  - перечень источников акустических волн (искусственного и естественного происхождения) и особенности распространения волн в атмосфере, генерированных различными источниками.</p>	<p><b>Плохо описывает:</b>  -методику разработки физических и математических моделей исследуемых акустических процессов в атмосфере;  - методику разработки проведения научных исследований;  - перечень источников акустических волн (искусственного и естественного происхождения) и особенности распространения волн в атмосфере, генерированных различными источниками.</p>	<p><b>Описывает с помощью преподавателя:</b>  -методику разработки физических и математических моделей исследуемых акустических процессов в атмосфере;  - методику разработки проведения научных исследований;  - перечень источников акустических волн (искусственного и естественного происхождения) и особенности распространения волн в атмосфере, генерированных различными источниками.</p>	<p><b>Свободно описывает:</b>  -методику разработки физических и математических моделей исследуемых акустических процессов в атмосфере;  - методику разработки проведения научных исследований;  - перечень источников акустических волн (искусственного и естественного происхождения) и особенности распространения волн в атмосфере, генерированных различными источниками.</p>
--	---	--	---	---	--

## Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2019 год набора	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108 часов</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>	
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	
практические занятия	<b>28</b>	
семинарские занятия	<b>-</b>	
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	
в том числе:		
курсовая работа	<b>-</b>	
контрольная работа	<b>-</b>	
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>зачет</b>	

### 4.1. Структура дисциплины

Очное обучение  
2019 год набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Практич. занятия	Самост. работа			
<b>1</b>	Общие сведения о теории движения жидкостей и газов	<b>2</b>	4	4	4	Собеседование Отчет по практическому заданию	2	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
<b>2</b>	Акустические волны в атмосфере Модель атмосферы	<b>2</b>	2	4	3	Собеседование Отчет по практическому заданию	2	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
<b>3</b>	Современный уровень разработки теории распространения акустических волн в атмосфере	<b>2</b>	2	6	6	Собеседование Отчет по практическому заданию	2	ОПК-4 ПК-1 ПК-4

	Модель ветра							
4	Модель воздействия акустических волн на атмосферу	2	4	6	6	Собеседование Отчет по практическому заданию	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
5	Пространственно-временные характеристики акустических возмущений в атмосфере	2	2	8	5	Собеседование Отчет по практическому заданию	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
<b>ИТОГО:</b>			<b>14</b>	<b>28</b>	<b>24</b>		<b>8</b>	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета		<b>108</b>						

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### *4.2.1. Общие сведения о теории движения жидкостей (газов)*

Математическое описание состояния движущейся жидкости (газа). Идеальная жидкость. Уравнения гидродинамики для идеальной жидкости (уравнение непрерывности, уравнение движения, уравнение, выражающее адиабатичность движения идеальной жидкости). Вязкая жидкость. Внутреннее трение: динамическая и объемная вязкость. Гидродинамические уравнения для вязкой жидкости (уравнение непрерывности, уравнение движения вязкой жидкости в приближении Навье – Стокса, общее уравнение переноса тепла).

### *4.2.2. Акустические волны в атмосфере*

Акустические волны в атмосфере. Частотный диапазон акустических волн. Источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения). Классификация акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая). Приближение геометрической акустики.

### *4.2.3. Современный уровень разработки теории распространения акустических волн в атмосфере*

Фундаментальные и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии в атмосфере. Экспериментальное доказательство распространения акустических волн до высот верхней атмосферы. Современный уровень разработки теории распространения акустических волн (с учетом неоднородности атмосферы, поглощения, нелинейных эффектов и сферической расходимости волнового фронта). Новое уравнение и его решение.

### *4.2.4. Модель воздействия акустических волн на атмосферу*

Сложности моделирования распространения акустических волн в неоднородной атмосфере. Модель воздействия акустических волн на атмосферу для точечного источника: основные блоки и программы; алгоритм и физические основы расчета траектории акустических лучей (траектории акустических волн для различных углов выхода луча и мощностей источника), начальных параметров и временной формы акустического импульса.

#### **4.2.5. Пространственно-временные характеристики акустических возмущений в атмосфере**

Характеристики распространения акустических волн в атмосфере от импульсного источника (наземного химического взрыва): эволюция акустического импульса при распространении акустической волны вверх через атмосферу; зависимость амплитуды акустического импульса от высоты для различных значений мощности источника и начальных углов выхода акустического луча; зависимость амплитуды акустического импульса от горизонтального расстояния до источника; изменение длительности фазы сжатия акустического импульса с высотой. Характеристики распространения акустических волн в атмосфере для синусоидального источника: эволюция инфразвукового синусоидального сигнала при его распространении в атмосфере; зависимость инфразвукового синусоидального сигнала от мощности источника; зависимость начальной амплитуды синусоидального сигнала от величины начального радиуса волновой зоны и частоты генерируемого сигнала.

#### **4.3. Практические занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Представить математическое описание движения жидкости. Вывод уравнения непрерывности.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
2	1	Вывод уравнения Эйлера.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
3	2	Расчеты высотных профилей скорости звука на основе модели NRLMSIS-00 для различных геофизических условий.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
4	2	Разработка алгоритма и программы для расчета траекторий акустических волн в приближении акустической акустики, расчет.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
5	3	Вывод уравнения сохранения акустического импульса для неоднородной атмосферы.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
6	3	Разработка алгоритма и программы для расчета высотного профиля скорости звука на основе нового волнового уравнения: сопоставление с профилями, рассчитанными по другим моделям, расчет.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
7	4	Разработка алгоритма и программы для расчета акустического поля в атмосфере, генерированного плоским протяженным источником с помощью интеграла Рэля, расчет.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
8	4	Разработка алгоритма и программы для расчета начальных форм акустического импульса, расчет.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
9	4	Разработка алгоритма и программы для	Практическая	ОПК-4

		расчета эволюции акустического импульса и синусоидального сигнала при распространении в неоднородной атмосфере, расчет.	работа	ПК-1 ПК-4
10	5	Расчеты по модели NRLMSIS-00 высотных профилей плотности атмосферы, скорости звука, коэффициента поглощения и отношения удельных теплоемкостей.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
11	5	Расчеты скорости ветра по эмпирической модели ветра HWM.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
12	5	Исследование эволюции акустического импульса при распространении в атмосфере в зависимости от мощности источника для неоднородной атмосферы на основе разработанных программ.	Практическая работа	ОПК-4 ПК-1 ПК-4

Семинарских и лабораторных 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**

5.1.1. Собеседование

5.1.2. Отчет по практической работе.

#### **а) Образцы заданий текущего контроля**

##### **Вопросы для собеседования**

#### *Раздел 1. Общие сведения о теории движения жидкостей (газов)*

1. В чем различие между движением идеальной жидкости и вязкой жидкости.
2. Объемная и сдвиговая вязкость.

#### **Примеры практических заданий.**

1. Вывод уравнения непрерывности.
2. Вывод уравнения Эйлера.
3. Рассчитать высотные профили скорости звука на основе модели NRLMSIS-00 для различных геофизических условий ( $A_p=4,6,8$ ;  $F10.7=70, 90, 120, 150, 170, 200$ ).
4. Рассчитать высотный профиль скорости звука на основе нового волнового уравнения (для неоднородной атмосферы): сопоставить с профилем для однородной атмосферы

#### **б). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов**

Выполнение рефератов, эссе и докладов по данной дисциплине не предусмотрено учебным



планом.

### **в). 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, предоставленные преподавателем презентации лекций. Освоение материалов и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

### **5.3. Промежуточный контроль: зачет**

#### **Перечень вопросов к зачету**

1. Идеальная жидкость. Уравнения гидродинамики для идеальной жидкости (уравнение непрерывности).
2. Уравнения гидродинамики для идеальной жидкости (уравнение движения жидкости).
3. Уравнения гидродинамики для идеальной жидкости (уравнение, выражающее адиабатичность движения идеальной жидкости).
4. Вязкая жидкость. Внутреннее трение: динамическая и объемная вязкость.
5. Гидродинамические уравнения для вязкой жидкости (уравнение непрерывности).
6. Гидродинамические уравнения для вязкой жидкости (уравнение движения вязкой жидкости в приближении Навье – Стокса).
7. Гидродинамические уравнения для вязкой жидкости (общее уравнение переноса тепла).
8. Акустические волны в атмосфере. Частотный диапазон акустических волн. Источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения).
9. Классификация акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая). Приближение геометрической акустики.
10. Фундаментальные и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии в атмосфере. Экспериментальное доказательство распространения акустических волн до высот верхней атмосферы.
11. Современный уровень разработки теории распространения акустических волн (с учетом неоднородности атмосферы, поглощения, нелинейных эффектов и сферической расходимости волнового фронта). Новое уравнение и его решение.
12. Сложности моделирования распространения акустических волн в атмосфере.
13. Модель воздействия акустических волн на атмосферу для точечного источника: основные блоки и программы.
14. Алгоритм и физические основы расчета траектории акустических лучей (траектории акустических волн для различных углов выхода луча и мощностей источника).
15. Алгоритм и физические основы расчета начальных параметров и временной формы акустического импульса.
16. Эволюция акустического импульса, генерированного точечным источником, при его распространении вверх через неоднородную атмосферу.
17. Зависимость амплитуды акустического импульса от высоты неоднородной атмосферы для различных значений мощности источника и начальных углов выхода акустического луча.
18. Зависимость амплитуды акустического импульса от горизонтального расстояния до источника.
19. Изменение длительности фазы сжатия акустического импульса с высотой атмосферы.
20. Эволюция инфразвукового синусоидального сигнала при его распространении вверх через неоднородную атмосферу.
21. Зависимость инфразвукового синусоидального сигнала от мощности источника.

22. Зависимость начальной амплитуды синусоидального сигнала от величины начального радиуса волновой зоны и частоты генерируемого сигнала.

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

### **а) основная литература:**

1. Дробжева Я.В. Перенос энергии и количества движения акустическими волнами в атмосфере [Текст]: учебное пособие / Я.В. Дробжева. – Санкт-Петербург: Адмирал, 2016. – 110 с. Режим доступа: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/rid\\_019d6ee41eee4675a39485191e488b85.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_019d6ee41eee4675a39485191e488b85.pdf)

### **б) дополнительная литература:**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Гидродинамика : учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского - Москва: Наука. 2006. – 731 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика [Текст]: учебник/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц – Москва: Наука. 1988. – 733 с.
3. Krasnov V.M Acoustic energy transfer to the upper atmosphere from surface chemical and underground nuclear explosions // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2006. – V. 68. – P. 578–585.
4. Krasnov V., Drobzheva Ya.V.Lastovicka J. Acoustic energy transfer to the upper atmosphere from sinusoidal sources and a role of non-linear processes // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2007. – V. 69. – P. 1357–1365.
5. Drobzheva Ya. V. Krasnov V. M. The acoustic field in the atmosphere and ionosphere caused by a point explosion on the ground // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2003. – V. 65. – Issue 3 – P. 369–377.
6. Drobzheva Ya.V. Krasnov V.M. The spatial structure of the acoustic wave field generated in the atmosphere by a point explosion // Acoustical Physics. – 2001. – V. 47. – №5 – P. 556–564.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Электронный ресурс. Эмпирическая модель верхней атмосферы NRLMSIS: [http://uaap-www.nrl.navy.mil/models\\_web/msis/msis\\_home.htm](http://uaap-www.nrl.navy.mil/models_web/msis/msis_home.htm)) – свободный доступ.

Электронный ресурс. Эмпирическая модель ветра HWM: <ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/hwm93/>- свободный доступ.

### **г) программное обеспечение**

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

windows 7 47049971 18.06.2010

office 2013 62398416 11.09.2013

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).

.

### **д) профессиональные базы данных**

база данных Web of Science

база данных Scopus

электронно-библиотечная система elibrary

**е) информационные справочные системы:**

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

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Организация деятельности студента</b>
<b>Лекции (разделы №1-5)</b>	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет</p>
<b>Практические занятия (разделы №1-5)</b>	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом. Решение тестовых заданий, решение задач и другие виды работ.</p>
<b>Подготовка к зачету</b>	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету и т.д.</p>

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

Раздел дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
№ 1 -5	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</p> <p>2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения</p>	<p>1. Эмпирическая модель верхней атмосферы NRLMSIS:  <a href="http://uap-www.nrl.navy.mil/models_web/msis/msis_home.htm">http://uap-www.nrl.navy.mil/models_web/msis/msis_home.htm</a>) – свободный доступ.</p> <p>2. Электронный ресурс. Эмпирическая модель ветра HWM:  <a href="ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/hwm93/">ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/hwm93/</a>- свободный доступ.</p> <p>3. GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).</p> <p>4. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a></p> <p>5. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a></p>

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

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.

### **Лист изменений**

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2020/2021 учебный год **без изменений**.

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов от 29.05.2020 г. № 14.