

Министерство образования и науки Российской Федерации

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):
Прикладная метеорология

Квалификация:
Магистр

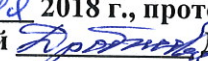
Форма обучения
Очная/Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»

 Дробжева Я.В.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

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

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
20 февраля 2018 г., протокол № 7
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:
 Дробжева Я.В.

Санкт-Петербург 2018

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

© Я.В. Дробжева, 2018.
© РГГМУ, 2018.

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 ВО

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 «Прикладная метеорология».

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 является базовой для освоения дисциплин: «Основные закономерности общей циркуляции атмосферы», «Моделирование природных процессов», «Дистанционные методы исследования природной среды».

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.
ПК-4	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 NWM-93;
- рассчитывать траекторию распространения акустического луча в атмосфере;
- рассчитывать начальную форму акустического импульса, генерированного точечным источником;
- рассчитывать начальную форму синусоидальной 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	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 анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2018 год набора	Заочная форма обучения 2018 год набора
Общая трудоёмкость дисциплины	72 часа	72 часа
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	48	20
в том числе:		
лекции	16	10
практические занятия	32	10
семинарские занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	24	52
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	зачет	зачет

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение
2018 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	Семины Лаборат Практич.	Самост. работа			
1	Общие сведения о теории движения жидкостей и газов	2	4	4	4	Собеседование	4	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
2	Акустические волны в атмосфере	2	2	4	3	Собеседование	3	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
3	Современный уровень разработки теории распространения акустических волн в атмосфере	2	4	8	6	Собеседование	4	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
4	Модель воздействия акустических волн на	2	4	8	6	Собеседование	3	ОПК-4 ПК-1

	атмосферу							ПК-4
5	Пространственно-временные характеристики акустических возмущений в атмосфере	2	2	8	5	Собеседование	4	ОПК-4 ПК-1
ИТОГО:			16	32	24		18	

Заочное обучение
2018 год набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	активной и интерактивной форме,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семиры Лаборат. Практич	Самост. работа			
1	Общие сведения о теории движения жидкостей (газов)	2	3	4	10	Собеседование	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
2	Акустические волны в атмосфере	2	1	6	8	Собеседование	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
3	Современный уровень разработки теории распространения акустических волн в атмосфере	2	2		10	Собеседование	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
4	Модель воздействия акустических волн на атмосферу	2	2		12	Собеседование	1	ОПК-4 ПК-1 ПК-4
5	Пространственно-временные характеристики акустических возмущений в атмосфере	2	2		8	Собеседование	1	ОПК-4 ПК-1
ИТОГО:			10	10	48		5	
с учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета 4 часа						72 часа		

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. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Представить математическое описание движения жидкости. Вывод уравнения непрерывности.	Практическая работа	ПК-1
2	1	Вывод уравнения Эйлера.	Практическая работа	ПК-1
3	2	Расчеты высотных профилей скорости	Практическая	ОПК-4

		звука на основе модели NRLMSIS-00 для различных геофизических условий.	работа	
4	2	Расчет траекторий акустических волн в приближении акустической акустики.	Практическая работа	ПК-1
5	3	Вывод уравнения сохранения акустического импульса для неоднородной атмосферы.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
6	3	Расчет высотного профиля скорости звука на основе нового волнового уравнения: сопоставление с профилями, рассчитанными по другим моделям.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
7	4	Расчет акустического поля в атмосфере, генерированного плоским протяженным источником с помощью интеграла Рэлея.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
8	4	Расчет начальных форм акустического импульса: на основе формулы Рида и новой модели.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
9	4	Расчет эволюции акустического импульса и синусоидального сигнала при распространении в неоднородной атмосфере.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
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
11	5	Расчеты скорости ветра по эмпирической модели ветра HWM.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
12	5	Исследование эволюции акустического импульса при распространении в атмосфере в зависимости от мощности источника для неоднородной атмосферы (на основе новой модели).	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

а). Образцы тестовых заданий текущего контроля

Вопросы для собеседования:

1. В чем различие между движением идеальной жидкости и вязкой жидкости.
2. Объемная и сдвиговая вязкость.
3. Перечислите уравнения, описывающие состояние движущейся идеальной жидкости.

4. Перечислите уравнения, описывающие состояние движущейся вязкой жидкости.
5. Акустические волны в атмосфере. Частотный диапазон акустических волн.
6. Источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения).
7. Классификация акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая).
8. Приближение геометрической акустики.

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.

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://elibrshu.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. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология [Текст] : учебник / Б. А. Семенченко. - Москва: Аспект Пресс, 2002. - 415 с.: ил. - ISBN 5-7567-0167-2

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).

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

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий

Организация деятельности студента

**Лекции
(темы №1-5)**

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.

Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь.

Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.

Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет

**Практические занятия
(темы №1-5)**

Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.

Конспектирование источников.

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.

Подготовка к зачету

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету и т.д.

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 -5	<u>информационные технологии</u> 1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Эмпирическая модель верхней атмосферы NRLMSIS: http://uap-www.nrl.navy.mil/models_web/msis/msis_home.htm . 2. Электронный ресурс. Эмпирическая модель ветра HWM: ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/hwm93/

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.