

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Гидроакустические измерения.

2. Лекторы.

2.1. ст.н.сотр., к.ф.-м.н., Гончаренко Борис Иванович, кафедра акустики физического факультета МГУ, borisgon@mail.ru, (495) 939-2969

3. Аннотация дисциплины.

Акустические сигналы являются до настоящего времени (и вероятно останутся в будущем) наиболее эффективным средством передачи информации в водной среде.

Электроакустические преобразователи являются практически единственным средством для приема звука в водной среде и в большинстве случаев для генерирования в ней управляемых измерительных сигналов. В связи с этим проблема гидроакустических измерений занимает одно из основных мест в современной акустике. В лекционном курсе содержатся базовые знания по метрологическому обеспечению гидроакустических измерений, по измерениям в лабораторных условиях, закрытых естественных водоемах и океане. В рамках курса студенты познакомятся с различными способами градуировки приемников звукового давления и приемников градиента давления, с различными методами измерения поля помех и сигналов в океане, включая методы на основе измерения векторно-фазовых характеристик звукового поля, с особенностями измерения в инфразвуковом диапазоне частот, с сейсмоакустическими методами исследования морского дна и с использованием векторно-фазовых методов для изучения отражающих характеристик подводного грунта и построения акустической модели дна. Содержится информация об определении направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника на основе измерения максимального значения выходного сигнала, а также на основе векторно-фазовых измерений.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретёт знания об экспериментальных методов в современной акустике, включающие основы метрологического обеспечения акустических измерений, градуировку измерительных преобразователей, гидроакустические измерения в различных условиях (мелком море, глубоком море, особенности измерений на низких звуковых частотах), сейсмоакустические методы исследования морского дна, а также ознакомление с новыми направлениями в экспериментальной акустике.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) приобретение базовых знаний по метрологическому обеспечению гидроакустических измерений, по измерениям в лабораторных условиях, закрытых естественных водоемах и океане; (2) ознакомление с различными способами градуировки приемников звукового давления и приемников градиента давления, а также с различными методами измерения поля помех и сигналов в океане, включая методы на основе измерения векторно-фазовых характеристик звукового поля, с особенностями измерения в инфразвуковом диапазоне частот; (3) знакомство с сейсмоакустическими методами исследования морского дна и с использованием векторно-фазовых методов для изучения отражающих характеристик подводного грунта и построения акустической модели дна; (4) познакомятся с различными методами определения направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника на основе измерения максимального значения выходного сигнала, а также на основе векторно-фазовых измерений.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины –
М-ПК-1, М-ПК-6.

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины –
М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ИК-3; М-ПК-1; М-ПК-2; М-ПК-3; М-ПК-5; М-ПК-6; М-СПК-16.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать различные методы измерения поля помех и сигналов в океане, включая методы на основе измерения векторно-фазовых характеристик звукового поля, особенности измерения в инфразвуковом диапазоне частот;

уметь пользоваться различными способами градуировки приемников звукового давления и приемников градиента давления.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов			72		72
Аудиторная работа:			36		36
Лекции, акад. часов			18		18
Семинары, акад. часов			18		18
Лабораторные работы, акад. часов			-		-
Самостоятельная работа, акад. часов			36		36
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)			зачет		

N раздела, название раздела	N темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч. (содержание самостоятельной работы должно быть обеспечено, например, пособиями, интернет-ресурсами, домашними заданиями и т.п.)	
1. Общие вопросы гидроакустических измерений	1	Особенности измерений в гидроакустике	Единицы физических величин, используемые при гидроакустических измерениях. О точности измерений в акустике и гидроакустике. Отличие измерений в гидроакустике от измерений в аэроакустике.	1 ак.ч.	1. Единицы измерения шума. Отличительные черты измерений в гидроакустике от измерений в аэроакустике. 1 ак.ч.	Общие проблемы гидроакустических измерений. Точность измерений в гидроакустике и акустике. О проблемах использования преобразователей в гидроакустике. 2 ак.ч	Об ДЗ
	2	Характеристики акустических сигналов	Естественные и измерительные сигналы. Гармонические и импульсные сигналы с различной длительностью и формой огибающей, стационарный и случайный сигналы	1 ак.ч.	1. Характеристики и акустических сигналов 1 ак.ч	1. Используемые сигналы, понятие о форме огибающей, стационарные и случайные сигналы 2 ак.ч	Об ДЗ
2. Измерительные излучатели и	1.	Типы и конструкции акустических преобразователей	Измерительные преобразователи: образцовые гидрофоны, источники звука, Типы преобразователей: пьезоэлектрические магнитострикционные, электродинамические. Форма преобразователей: сферические, цилиндрические, дисковые, ударные устройства, сирены. Приемники градиента давления (с неподвижным корпусом, соколеблющегося типа).	2 ак.ч.	1. Типы и конструктивные особенности акустических преобразователей 2 ак.ч.	1. Измерительные образцовые и преобразователи Требования к ним, источники звука. Классификация приемников градиента давления и их конструктивные особенности, 4 ак.ч	Об ДЗ

	2.	Требования к акустическим преобразователям и их основные характеристики	Стабильность характеристик во времени, линейность характеристик. Чувствительность по напряжению, чувствительность в режиме излучения по току и по напряжению, пороговый уровень, характеристика направленности, динамический диапазон, фазовая и разностно-фазовая характеристики векторного приемника, коэффициент деления.	2ак.ч.	1. Акустические преобразователи и их основные характеристики, 1ак.ч.	Чувствительность в режиме приема, чувствительность в режиме излучения по току и по напряжению, пороговый уровень, характеристика направленности, динамический диапазон. Основные характеристики векторного приемника. 3ак.ч.	Об ДЗ
3. Особенности	1.	Обеспечение условий гидроакустических измерений	Измерений в закрытых естественных водоемах и море. Измерительные гидроакустические бассейны, гидроакустические трубы.	1ак.ч.	1. Условия гидроакустических измерений, 1ак.ч.	Измерительные гидроакустические бассейны их оборудование, гидроакустические трубы. Особенности измерений в закрытых естественных водоемах и море. 3ак.ч.	Об ДЗ, КР
4. Градуировка измерительных преобразователей	1.	Общие вопросы метрологического обеспечения гидроакустических измерений	Первичные и вторичные методы градуировки. Поверка измерительной аппаратуры. Правила ее поверки. Градуировка электроакустических измерительных трактов.	1ак.ч.	1. Метрологическое обеспечение гидроакустических измерений 1ак.ч.	Методы градуировки преобразователей. Поверка измерительной аппаратуры. Правила ее поверки. Градуировка электроакустических измерительных трактов. 2ак.ч.	Об ДЗ
	2.	Методы градуировки гидрофонов и излучателей.	Метод сличения в свободном поле и метод замещения, метод трех преобразователей. Самовзаимность. Метод пистонфона и метод переменной глубины. Градуировка излучателей.	1ак.ч.	1. Методы градуировки гидрофонов и излучателей. 2ак.ч.	Методы сличения и метод замещения, метод трех преобразователей. Самовзаимность. Метод пистонфона. Градуировка излучателей. 4ак.ч	Об ДЗ

	3.	Методы градуировки приемников градиента давления (ПГД)	Градуировка в слое жидкости и в измерительном незаглушенном гидробассейне. Градуировка ПГД в вертикальном колеблющемся столбе жидкости и в «неприспособленном помещении».	1ак.ч.	1. Градуировка приемников градиента давления (ПГД) 2ак.ч.	Способы градуировки ПГД. 3ак.ч.	Об ДЗ, КР
5. Гидроакустические измерения	1.	Измерение параметров звукового поля	Измерение звукового давления, колебательной скорости, мощности, интенсивности звука и плотности звуковой энергии. Калориметрический и дилатометрический методы измерения мощности. Радиометры. Метод определения мощности и интенсивности на основе измерения звукового давления.	1ак.ч	1. Измерение параметров звукового поля 1ак.ч		Об ДЗ
	2.	Использование векторно-фазовых методов	Измерения потока акустической мощности на основе одновременного измерения звукового давления и составляющих колебательной скорости. Определение производительности сосредоточенного источника на базе векторно-фазовых измерений.	1ак.ч	1. Использование векторно-фазовых методов при измерении параметров звукового поля 1ак.ч	Методы измерения параметров звукового поля при использовании векторно-фазовых методов 2ак.ч	Об ДЗ
	3.	Измерение поля помех и сигналов в океане.	Методы измерения спектрально-энергетических характеристик шумов океана. Измерение характеристик характеристик анизотропии шумового поля. Особенности измерения в инфразвуковом диапазоне частот. Измерение поля шумов и сигналов с использованием векторно-фазовых методов.	2ак.ч	1. Методы измерения спектрально-энергетических характеристик шумов океана. 2 ак.ч	Особенности измерения в инфразвуковом диапазоне частот. Измерение поля шумов и сигналов с использованием векторно-фазовых методов. 4ак.ч	Об ДЗ

4.	Определение направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника.	Использование максимального значения выходного сигнала для определения направления на источник звука. Корреляционные методы. Триангуляционный и разностно-дальномерный методы. Определение направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника звука на основании векторно-фазовых измерений.	1ак.ч	1. Различные способы определения направления прихода гидроакустического сигнала 1ак.ч	Триангуляционный и разностно-дальномерный методы. Определение направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника звука на основании векторно-фазовых измерений. 2ак.ч	Об ДЗ
5.	Изучение акустических параметров подводного грунта	Методы преломленных и отраженных волн. Исследование отражающих свойств дна по частотно-угловым характеристикам модуля коэффициента отражения. Метод изучения акустических параметров дна по исследованию корреляционных характеристик флюктуаций огибающих звуковых сигналов, рассеянных на дне океана.	1ак.ч	1. Изучение акустических параметров подводного грунта и построение акустической модели грунта 1ак.ч	Исследование отражающих свойств дна по частотно-угловым характеристикам модуля коэффициента отражения. 2ак.ч	Об ДЗ
6.	Векторно-фазовые методы изучения отражающих характеристик дна.	Импедансный метод. Методы, основанные на измерения разности фаз между звуковым давлением и компонентами колебательной скорости. Определение коэффициента отражения с одновременной регистрацией звукового давления и компонент колебательной скорости.	2ак.ч	Векторно-фазовые методы изучения отражающих характеристик дна. 1ак.ч	Импедансный метод. Методы, основанные на измерения разности фаз между звуковым давлением и компонентами колебательной скорости. 3ак.ч	Об ДЗ, К

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

1. Домашнее задание (ДЗ);
2. Контрольная работа (КР);
3. Обсуждение (Об);
4. Коллоквиум (К).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина по выбору.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки, дисциплина магистерской программы.
3. Курс связан с рядом дисциплин, преподаваемых на физическом факультете. К началу изучения курса обучающийся должен владеть знаниями общей физики, механики сплошных сред, теоретических основ акустики, с которыми курс методически связан.
 - 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: общая физика, механика сплошных сред, введение в акустику, теоретические основы акустики.
 - 3.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Акустика океана».

10. Образовательные технологии

Изложение в основном ведётся традиционным способом (с использованием фломастеров, мела и доски), постоянно используются, кроме того, крупноформатные фотографии и наглядные макеты средств измерений. Во время проведения коллоквиума проводится общая дискуссия по темам соответствующих разделов курса.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Характеристики акустических сигналов. Измерительные излучатели и звукоприемники.

Измерительные излучатели и звукоприемники.

Особенности измерений в закрытых естественных водоемах и море. Измерительные гидроакустические бассейны, гидроакустические трубы.

Калориметрический и дилатометрический методы измерения мощности.

Общие вопросы градуировки. Поверка измерительной аппаратуры. Правила ее поверки.

Первичные и вторичные методы градуировки.

Градуировка гидрофонов методом сличения в свободном поле и методом замещения.

Градуировка электроакустических преобразователей методом трех преобразователей.

Градуировка ПГД в вертикальном колеблющемся столбе жидкости и в плоском слое воды.

Градуировка приемников градиента давления в измерительном незаглушенном гидробассейне.

Режимы работы при гидроакустических измерениях.

Градуировка излучателей.

Измерение характеристик анизотропии шумового поля. Особенности измерения в инфразвуковом диапазоне частот.

Метод определения мощности и интенсивности на основе измерения звукового давления.

Измерение поля шумов и сигналов с использованием векторно-фазовых методов.

Метод измерения потока акустической мощности на основе одновременного измерения звукового давления и составляющих колебательной скорости.

Использование максимального значения выходного сигнала для определения направления на источник звука.

Триангуляционный и разностно-дальномерный методы определения направления прихода гидроакустического сигнала и расстояния до источника звука. Корреляционный метод для определения направления на источник звука.

Методы исследования морского дна путем использования преломленных и отраженных волн.

Исследование отражающих свойств дна по частотно-угловым характеристикам модуля коэффициента отражения.

Методы изучения параметров грунта основанные на измерениях разности фаз между звуковым давлением и компонентами колебательной скорости.

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Какие помехи бывают при измерении в закрытом водоеме?

При градуировки гидрофона методом замещения определить минимальное расстояние между излучателем и звукоприемником, если характерные размеры их соответственно – 20 см и 5 см.

Определить коэффициент взаимности для сферической волны, распространяющейся в воздухе на частоте 1000 Гц при расстоянии между излучателем и приемником звука – 80 см.

Определить коэффициент взаимности для плоской волны, распространяющейся в воздухе, на частоте 500 Гц, если площадь преобразователя, создающего плоские волны - 314 см^2 .

Перечислите способы, с помощью которых можно ослабить величину шумов обтекания звукоприемника.

Способы ослабления шумов обтекания на инфразвуковых частотах.

Каковы соотношения для величины звукового давления и составляющих колебательной скорости для модели изотропного шума.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять физическим механизмам изучаемых явлений, их связи с другими физическими, в частности, акустическими явлениями и процессами, типичным значениям основных величин, характеризующих процесс или явление, вопросам практического значения изучаемых явлений, методам и средствам изучения метрологического обеспечения гидроакустических измерений.

12.2. Литература

Основная литература

1. Акустика океана / под ред. Л.М. Бреховских. М.: Наука, 1974 г.
2. Боббер Р. Гидроакустические измерения – М.: Мир, 1974 г.
3. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы в акустике – М.: Физматлит, 2007 г.
4. Колесников А.Е. Акустические измерения. - Л. "Судостроение", 1983 г.

Дополнительная литература

1. Щуров В.А. Векторная акустика океана. – Владивосток, Дальнаука, 2003 г.
2. Особенности формирования векторно-фазовой структуры шумовых полей океана. Акуст. журн. Т. 39, Вып.3, 1993 г.
3. Особенности метрологического обеспечения измерения уровней инфразвука Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 1998, №4.
4. О методах градуировки векторного приемника Вестник Московского университета. Физика. Астрономия. 1976, № 5, с.529-535
5. О градуировке приемников градиента давления на воздухе в ближнем поле в «неприспособленных» помещениях Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2006, №1, с.40-44.

13. Материально-техническое обеспечение

13.1. Помещения - учебная аудитория. Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»).

Аудиторный фонд для проведения учебных занятий включает достаточное количество аудиторий для проведения лекций и семинарских занятий с количеством посадочных мест не менее 12 в каждой аудитории.

13.2. Оборудование – доска, фломастеры или мел.

13.3. Иные материалы. Крупноформатные цветные фотографии, наглядные макеты средств измерений (имеются на кафедре акустики).

Специализированные компетенции профильной направленности обучения (специализированные компетенции магистерской программы)	
М-СПК-16	Способность свободно владеть профессиональными знаниями об источниках и механизмах генерации поля помех и сигналов в океане, о методах решения задач по определению уровней шума и сигналов, методах измерений, включая методы на основе измерения векторно-фазовых характеристик звукового поля и измерений в инфразвуковом диапазоне частот; знание основных практических задач градуировки приемников звукового давления и приемников градиента давления и умение свободно ими владеть; умение ставить конкретные задачи научных исследований в области гидроакустических измерений и в области изучения отражающих характеристик подводного грунта и построения акустической модели дна, решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования с привлечением современных математических методов и информационных технологий, планировать и организовывать исследования в области гидроакустических измерений, оформлять их результаты в виде научных отчетов, статей, докладов, презентаций.

