

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Акустика океана. Статистическая гидроакустика.

2. Лекторы.

2.1. Старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук Сергеев Сергей Николаевич, кафедра акустики, sergeev@aesc.msu.ru

2.2. Доцент, кандидат физико-математических наук Шуруп Андрей Сергеевич, кафедра акустики, andrey.shurup@gmail.com

3. Аннотация дисциплины.

Океан играет определяющую роль в формировании условий жизни на Земле, и изучение его является актуальной задачей. Мировой океан – это нестационарная среда и для ее изучения требуется применение статистических подходов. В лекционном курсе содержатся базовые знания о статистических аспектах гидроакустических процессов, особенностях обработки гидроакустических полей и о применении к этим задачам теории проверки статистических гипотез. В рамках курса студенты познакомятся с методами теории проверки статистических гипотез, с адаптивными методами обработки сигналов в гидроакустике, изучат основы теории случайных сигналов и полей в случайных средах.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные подходы к описанию случайных сигналов и полей; уметь применять на практике основные методы проверки статистических гипотез.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) систематическое изложение основных подходов к описанию случайных сигналов и полей; (2) знакомство с методами теории проверки статистических гипотез; (3) знакомство с конкретными прикладными задачами обработки гидроакустических полей с учетом их статистического характера.

6. Компетенции.

7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2;

7.2. 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-6.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины магистрант должен знать основные подходы к описанию случайных сигналов и полей; уметь применять методы теории проверки статистических гипотез к решению задач гидроакустики; владеть методами решения задач обработки гидроакустических полей с учетом их статистического характера.

8. Содержание и структура дисциплины.

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

№ раздела, название раздела	№ 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.	
1	1	Введение	Лекция №1 Общая схема волнового эксперимента: пространственно-временной вектор источников, оператор распространения.	1 ак.ч.	1. Наблюдаемое поле и принимаемое решение как проверка статистической гипотезы. 1 ак.ч.	Введение, задачи статистической гидроакустики. 5 ак.ч.	Об, Дз
2	2	Случайные сигналы и поля	Лекция №2 Краткий обзор понятий, необходимых для описания случайных акустических сигналов и полей.	1 ак.ч.	2. Совместные функции распределения; функция когерентности произвольного порядка. 1 ак.ч.	Методы описания случайных сигналов и полей. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №3 Преобразование Гильберта; временная стационарность и пространственная однородность.	1 ак.ч.	3. Аналитические сигналы; огибающая узкополосного сигнала и мгновенная частота. 1 ак.ч.	Использование преобразования Гильберта при построении аналитических сигналов. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №4 Теорема Ван-Циттерга-Цернике. Сферически- и цилиндрически-изотропный шум. Основные модели шумов моря.	1 ак.ч.	4. Функция когерентности для источника с конечными геометрическими размерами. 1 ак.ч.	Теорема Ван-Циттерга-Цернике, оценка углового размера источника. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №5 Пространственно-временная дискретизация случайных полей. Теорема отсчетов Котельникова-Шеннона (вывод и физический смысл).	1 ак.ч.	5. Сингулярные характеристики сигналов с финитным спектром. 1 ак.ч.	Временная дискретизация случайных функций. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №6 Соотношение Слипяна. Обобщение теоремы отсчетов на случайные поля, полуволновая антенная решетка.	1 ак.ч.	6. Акустические антенны с неравномерным расположением гидрофонов. 1 ак.ч.	Пространственная дискретизация случайных полей. 6 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №7 Понятие пространства сигналов и полей. Переход от функциональных пространств к конечномерным пространствам. Разложение Карунэна-Лозэва.	1 ак.ч.	7. Восстановление сигналов по части спектра; аналитическое продолжение сигналов и полей. 1 ак.ч.	Эмпирические ортогональные функции и функции Карунэна-Лозэва. 5 ак.ч.	Об, Кр
			Лекция №8 Волновое уравнение для неоднородной среды, уравнение Липпмана-Швингера; ряд Борна-Неймана, диаграммная форма записи.	1 ак.ч.	8. Операторная форма записи решения уравнения Липпмана-Швингера, условия сходимости ряда Борна-Неймана. 1 ак.ч.	Уравнение Липпмана-Швингера, ряд Борна-Неймана. 5 ак.ч.	Об, Дз
		Лекция №9 Уравнение Дайсона.	1 ак.ч.	9. Физический смысл массового оператора, его нелокальный вид. 1 ак.ч.	Уравнение Дайсона 5 ак.ч.	Об, Дз	
		Лекция №10 Функция Грина для стати-	1 ак.ч.	10. Приближение Бурре. 1 ак.ч.	Функция Грина для статистической од-	Об, Дз	

			стической однородной среды.			нородной среды. 6 ак.ч.	
			Лекция №11 Функция когерентности полей в случайных средах. Уравнение Бете-Солпитера.	1 ак.ч.	11. Лестничное приближение. 1 ак.ч.	Диаграммная запись уравнения Бете-Солпитера. 5 ак.ч.	Об, Кр
4	4	Методы теории проверки статистических гипотез	Лекция №12 Простые и сложные гипотезы. Байесовские решения. Отношение правдоподобия (вывод). Обнаружение известного сигнала.	1 ак.ч.	12. Согласованная фильтрация и корреляционный прием. 1 ак.ч.	Обнаружение известного сигнала на фоне помех. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №13 Функция неопределенности; теорема об объеме тела неопределенности. Типы кодированных сигналов.	1 ак.ч.	13. Оценка скорости и дальности до исследуемого объекта. 1 ак.ч.	Использование понятия функции неопределенности в гидроакустических задачах. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №14 Обнаружение на фоне окрашенного шума.	1 ак.ч.	14. Антенная решетка как оптимальный фильтр. 1 ак.ч.	Использование антенных решеток для обнаружения сигналов на фоне шума. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №15 Пути преодоления априорной трудности. Методы минимакса, отношение максимумов функций правдоподобия.	1 ак.ч.	15. Совместное обнаружение с оценкой параметров. 1 ак.ч.	Применение методов минимакса, отношения максимумов функций правдоподобия в задачах гидроакустики. 5 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №16 Статистические оценки параметров. Состоятельность, несмещенность, эффективность.	1 ак.ч.	16. Байесовские оценки, оценки максимального правдоподобия. 1 ак.ч.	Оценки параметров источников методами максимального правдоподобия. 5 ак.ч.	Об, Кр
5	5	Адаптивные методы обработки сигналов в гидроакустике	Лекция №17 Современные методы пространственно-временного спектрального анализа как решение задач статистических оценок.	1 ак.ч.	17. Методы обращения корреляционной матрицы помех. Адаптивные фильтры и антенные решетки. 1 ак.ч.	Современные методы пространственно-временного спектрального анализа. 6 ак.ч.	Об, Дз
			Лекция №18 Метод Кэйпона. Методы максимальной энтропии.	1 ак.ч.	18. Гидроакустические приложения адаптивных и непараметрических методов. 1 ак.ч.	Гидроакустические приложения метода Кэйпона и метода максимальной энтропии. 5 ак.ч.	Об, Кр

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

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

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 студент должен владеть знаниями общей физики, основ геофизики, механики сплошных сред, теоретической механики, теоретических основ акустики, с которыми он методически связан.

- 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: общая физика, основы геофизики, механика сплошных сред, теоретическая механика, введение в акустику, теоретические основы акустики.
- 3.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Акустика океана. Общая гидроакустика», «Физика океана», «Гидроакустические измерения», «Обратные задачи акустики».

10. Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием как классических подходов, так и с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Совместные функции распределения; функция когерентности произвольного порядка.

Преобразование Гильберта, аналитические сигналы.

Теорема Ван-Циттерта-Цернике. Сферически- и цилиндрически-изотропный шум. Основные модели шумов моря и реверберационных помех.

Теорема отсчетов Котельникова-Шеннона (вывод и физический смысл). Соотношение Слепьяна.

Обобщение теоремы отсчетов на случайные поля; полуволновая антенная решетка.

Понятие пространства сигналов и полей. Разложение Карунэна-Лоэва.

Уравнение Гельмгольца для неоднородной среды, уравнение Липпмана-Швингера; ряд Борна-Неймана, диаграммная форма записи.

Уравнение Дайсона. Физический смысл массового оператора, его нелокальный вид.

Функция когерентности полей в случайных средах. Уравнение Бете-Солпитера. Лестничное приближение.

Отношение правдоподобия (вывод). Обнаружение известного сигнала на фоне неизвестной помехи.

Согласованная фильтрация и корреляционный прием.

Функция неопределенности; теорема об объеме тела неопределенности. Обнаружение на фоне окрашенного шума.

Антенная решетка как оптимальный фильтр, диаграмма направленности, как функция неопределенности. Подавление сосредоточенных помех.

Байесовские оценки, оценки максимального правдоподобия.

Методы минимакса, отношение максимумов функций правдоподобия, совместное обнаружение с оценкой параметров.

Современные методы пространственно-временного спектрального анализа как решения задач статистических оценок. Методы обращения корреляционной матрицы помех. Итерационные методы адаптации. Адаптивные фильтры и антенные решетки.

Метод Кэйпона. Методы максимальной энтропии. Непараметрические методы.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять физическим основам изучаемых методов, их связи с другими подходами к изучению акустических явлений и процессов, типичным значениям основных величин, характеризующих процесс или явление, вопросам практического значения получаемых результатов.

12.2. Литература

1. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику, ч.1, ч. 2. М.: Наука, 1978.
2. Фрэнкс Л. Теория сигналов. М.: Сов. радио, 1974.
3. Кацнельсон Б.Г., Петников В.Г. Акустика мелкого моря. М.: Наука, 1997.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники, кн. II. М.: Сов. радио, 1976.
5. Рожин Ф.В., Тонаканов О.С. Общая гидроакустика. М.: Изд-во МГУ, 1988.
6. Горюнов А.А., Сасковец А.В. Обратные задачи рассеяния в акустике. М.: Изд-во МГУ. 1989.
7. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007.

Дополнительная литература

1. Бреховских Л.М., Годин О.А. Акустика неоднородных сред, в двух томах. М.: Наука, 2007.
2. Акустика в задачах. П/р С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко. Глава 3: Акустика неоднородных сред. М.: Физматлит, 2009.

Периодическая литература

1. Акустический журнал.
2. Journal of the Acoustical Society of America.

Интернет-ресурсы

<http://acoustics.phys.msu.ru>, <http://www.akin.ru>

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. Батиметрическая карта Мирового океана (имеется на кафедре акустики).