



Настоящая программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры, паспорта научной специальности, разработанного экспертным советом ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

### **1. Основные уравнения акустического поля и их решение**

Уравнения гидродинамики идеальной жидкости. Уравнение распространения звука в идеальной жидкости (волновое уравнение). Уравнение распространения звука в вязкой жидкости. Плоские волны в идеальной и вязкой средах. Сферические волны. Решение волнового уравнения в сферических координатах. Энергия звуковых волн. Поток энергии. Скорость распространения звука. Групповая и фазовая скорости. Дисперсия скорости звука.

### **2. Поглощение акустических волн**

Результаты классической теории. Релаксационная теория поглощения. Поглощение звука в морской воде.

### **3. Элементы теории излучения**

Анализ условий излучения упругих волн. Характеристики излучателей. Звуковое поле пульсирующей сферы. Присоединенная масса. Мощность излучения. Собственные колебания сферических объектов. Пузырек газа в жидкости и резонатор Гельмгольца. Звуковое поле осциллирующей сферы. Излучение диполя вблизи жесткой границы и свободной поверхности. Излучение звука плоскими источниками. Дальнее и ближнее поле плоского излучателя.

### **4. Отражение и преломление звука на границах раздела двух сред**

Отражение и преломление звука при нормальном падении на плоскую границу. Отражение и преломление звука при наклонном падении на плоскую границу. Прохождение звука через плоский слой. Отражение звука от идеальных и реальных границ. Рефракция звуковых лучей в океане. Сила звука, фактор фокусировки, каустики.

### **5. Распространение звука в каналах и трубах**

Волноводное распространение звука. Нормальные волны в слое с абсолютно и частично отражающими границами. Нормальные волны в трубах. Распространение звука в подводном звуковом канале.

## **6. Рассеяние звуковых волн**

Рассеяние плоской волны на сфере. Рассеяние плоской волны на пузырьках газа в жидкости. Рассеяние звука взволнованной поверхностью океана. Отражение и рассеяние звука дном океана. Рассеяние звука в толще океана.

## **7. Рассеяние звука в случайно неоднородных средах**

Флуктуации времени пробега и фазы звуковых волн. Флуктуации интенсивности звуковых волн. Спектр флуктуаций амплитуды звуковых волн. Экспериментальные исследования флуктуаций звука.

## **8. Распространение звука в твердых телах**

Упругие волны в трехмерной среде. Отражение и преломление звука на границе «жидкость-твердое тело». Поверхностные волны. Нормальные волны в пластинах.

## **9. Шумы океана**

Основные характеристики шумовых полей. Шумовые поля в океане. Спектрально-энергетические характеристики динамических шумов океана. Анизотропия поля шумов океана. Звуковые шумы, вызванные кавитацией в приповерхностном слое океана.

## **10. Акустика дыхания**

Шумообразование дыхательных звуков. Распространение звуков в дыхательной системе. Обработка сигналов в анализе дыхательных звуков. Инструментальные методы и средства.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Бреховских Л.М., Агеева Н.С., Андреева И.Б., Воловов В.И., Житковский Ю.Ю., Лысанов Ю.П., Фурдуев А.В., Чупров С.Д., Швачко Р.Ф. Акустика океана. М.: Наука, 1974. 694 с.
2. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред. М.: Наука, 1982. 336 с.
3. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007. 369 с.
4. Бреховских Л.М., Годин О.А. Акустика неоднородных сред: Т.1. Основы теории отражения и распространения звука. М.: Наука. 2007. 442 с.
5. Гурбатов С.Н., Руденко О.В. Нелинейная акустика в задачах. М.: МГУ, 1990. 80 с.

6. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966. 521 с.
7. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. 493 с.
8. Каменкович В.М., Монин А.С. Физика океана. М.: Наука, 1984. 435 с.
9. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984. 400 с.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Т. VI. Гидродинамика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 736 с.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Т. VII. Теоретическая физика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 264 с.
12. Лепендин Л.Ф. Акустика. М.: Высшая школа, 1978. 448 с.
13. Руденко О.В., Солюян С.И. Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1984. 287 с.
14. Чернов Л.А. Волны в случайно-неоднородных средах. М.: Наука, 1977. 172 с.

Программа рассмотрена, обсуждена и одобрена на семинаре Отдела акустики океана и Отдела технических средств исследования океана ТОИ ДВО РАН «04» апреля 2022 г.

Председатель семинара  
зав. Отделом  
академик РАН



Г.И. Долгих