

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

В.М. Букатый

ПРОМЫСЛОВАЯ ГИДРОАКУСТИКА И РЫБОЛОКАЦИЯ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)

БГАРФ

Калининград
Издательство БГАРФ
2019

УДК 639.2.081.7:681.883.41(07)

Промысловая гидроакустика и рыболокация: метод. указания и контрольные задания для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» заочной формы обучения / сост.: В.М. Букатый. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – 59 с.

Методические указания и контрольные задания составлены в соответствии с действующей программой дисциплины «Промысловая гидроакустика и рыболокация» и Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года, с поправками, рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Судовождение» БГАРФ 22.01.2019 г., протокол № 8.

Предназначены для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» заочной формы обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензент: Бондарев В.А., д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры судовождения БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

БГАРФ

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие организационно-методические указания.....	3
2. Примерный тематический план занятий	5
3. Рекомендуемая литература	7
4. Содержание программы дисциплины и методические указания по ее изучению	8
5. Задания и методические указания по выполнению контрольной работы	36
5.1. Состав задач и выбор варианта контрольной работы	36
5.2. Содержание задач контрольной работы	37
5.3. Методические указания по выполнению контрольной работы	53
6. Примерный перечень лабораторных работ	55
Приложение 1. Таблица для выбора вариантов контрольной работы	56
Приложение 2. Пример оформления решения задачи	57
Приложение 3. Образец оформления титульного листа контрольной работы.....	59

БГАРФ

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина «Промысловая гидроакустика и рыболокация» является дисциплиной специализации и не относится к разряду профилирующих в том смысле, что диплом вахтенного помощника капитана, согласно конвенционным требованиям (ПДМНВ-78/95), можно получить и без наличия такой дисциплины в учебном плане. Но выпускаемый в БГА РФ инженер-судоводитель – не просто судоводитель, но еще и промысловик. Его задача заключается не только в том, чтобы безопасно провести судно и в сохранности доставить груз, но и в том, чтобы создать материальную ценность – поймать рыбу, переработать улов, сохранить рыбопродукцию. Создание же этой самой материальной ценности, которая и оправдывает само существование рыболовного судна, в настоящее время практически невозможно без применения гидроакустической рыбопоисковой техники. Такая связь промысла и гидроакустической рыбопоисковой техники предопределила включение дисциплины «Промысловая гидроакустика и рыболокация» в рабочий учебный план подготовки инженеров судоводителей для судов рыбопромыслового флота.

Современная гидроакустическая техника весьма совершенна, обладает большими возможностями, но сама по себе не ищет рыбу. Кроме того, она еще и достаточно сложна, для своего успешного применения требует от эксплуатирующего ее персонала специфических знаний, умений, навыков. В связи с этим справедливо утверждать, что эффективность применения рыбопоисковой техники определяется не столько ее поисковыми возможностями, сколько тем, насколько хорошо подготовлен судовой персонал по вопросам промысловой гидроакустики и рыболокации, насколько развиты у него умения и навыки грамотной эксплуатации всего многообразия применяемых на промысле гидроакустических средств.

В образовательном стандарте БГА РФ, разработанном на основе Государственного образовательного стандарта по направлению 658000 «Эксплуатация водного транспорта и транспортного оборудования», специальность 240200 «Судовождение» со специализацией 240205 «Промысловое судовождение», на изучение дисциплины «Промысловая гидроакустика и рыболокация» отведено 112 часов учебного времени и определены следующие требования к содержанию программы:

«Основы теории звукового поля. Излучение и прием звуковых волн. Акустика моря. Рассеяние звуковых волн подводными объектами.

Принципы рыболокации. Принципы построения рыболокаторов и траловых зондов. Эксплуатационно-технические характеристики рыболокаторов и траловых зондов. Устройство и эксплуатация рыболокаторов и траловых зондов. Чтение гидроакустической информации».

В соответствии с требованиями образовательного стандарта, цель изучения дисциплины «Промысловая гидроакустика и рыболокация» за-

ключается в подготовке специалиста, владеющего достаточными знаниями и необходимыми умениями по эксплуатации рыбопоисковой техники, способного в короткие сроки приобрести навыки успешного применения этой техники на промысле, быстро освоить поступающую на суда новую рыбопоисковую технику. Для судоводителя-промысловика в отношении гидроакустической техники на первый план выходят операторские обязанности, т. е. умение эксплуатировать эту технику и правильно воспринимать выдаваемую ею информацию. Знания же в области гидроакустики и рыболокации, т. е. результат познания «гидроакустической действительности», верное отражение ее в мышлении специалиста в данном случае играют соподчиненную роль и призваны обеспечивать лишь приобретение необходимых умений и навыков.

Изучивший курс «Промысловая гидроакустика и рыболокация» обязан:

иметь представление о законах распространения звуковых волн и явлениях их сопровождающих, об излучении и приеме звуковых волн и принципах действия и технических характеристиках гидроакустических антенн, о распространении звуковых волн в море и о рассеянии их на подводных объектах;

знать принципы рыболокации, принципы действия рыболокаторов и траловых зондов, основные эксплуатационно-технические характеристики рыболокаторов и траловых зондов, влияние морской среды на эффективность применения гидроакустической техники, помехи работе гидроакустических средств;

уметь готовить рыболокаторы и траловые зонды к работе, производить оперативные проверки и регулировки, расшифровывать показания рыболокаторов и траловых зондов, оценивать степень доверия к выдаваемой информации.

Успешное освоение программного материала дисциплины «Промысловая гидроакустика и рыболокация» требует от студента знаний из курсов математики (дифференциальное и интегральное исчисление), физики (механика, акустика), теоретической механики (динамика, колебания), электротехники и электроники (постоянный и переменный ток, электрические машины, полупроводниковые элементы, логические и цифровые элементы).

Студенты-заочники с нормативным сроком обучения 6 лет 6 месяцев изучают дисциплину «Промысловая гидроакустика и рыболокация» в 10-м семестре. Из 112 часов, отведенных на изучение дисциплины, 12 часов планируется на аудиторные занятия во время экзаменационной сессии (6 часов лекций и 6 часов лабораторных занятий), 100 часов отводится на самостоятельное освоение дисциплины. По дисциплине выполняется одна контрольная работа. Сдаются зачет и экзамен.

Студенты-заочники с сокращенным сроком обучения 4 года 6 месяцев изучают дисциплину «Промысловая гидроакустика и рыболокация» в 6-м семестре. Из 112 часов, отведенных на изучение дисциплины, 12 часов планируется на аудиторные занятия во время экзаменационной сессии (6 часов лекций и 6 часов лабораторных занятий), 100 часов отводится на самостоятельное освоение дисциплины. По дисциплине выполняется одна контрольная работа. Сдаются зачет и экзамен.

Основной метод изучения дисциплины – самостоятельная работа студента с рекомендованными учебниками и учебными пособиями, имеющимися в библиотеке БГА РФ, а также знакомство с устройством, эксплуатацией рыбопоисковой техники при работе на судне. При освоении дисциплины рекомендуется соблюдать последовательность изучения учебного материала, указанную в примерном тематическом плане.

Контрольная работа должна быть передана на заочный факультет для рецензирования преподавателем. Зачет по контрольной работе проводится до сессии или во время сессии по результатам собеседования с преподавателем. Задания на контрольную работу и методические указания по ее выполнению приведены в разделе 5 настоящих указаний. Вариант контрольной работы и номера задач из задания на нее студенты выбирают по последним двум цифрам шифра согласно таблице, помещенной в Приложении 1.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории гидроакустических приборов и заключаются в знакомстве с устройством и эксплуатацией рыбопоисковой техники. Примерный перечень лабораторных работ дан в разделе 6.

Зачет по дисциплине проводится во время сессии по результатам собеседования по знанию устройства и умению эксплуатировать рыбопоисковые приборы.

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме во время сессии по экзаменационным билетам, утвержденным кафедрой. К экзамену допускаются студенты, выполнившие контрольную работу и получившие зачет.

2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Номера и названия разделов и тем	Всего часов по дневной форме обучения	Часов по заочной форме обучения	
		Лекции	Лаборат. работы
1. Введение 1.1. Введение	1		
2. Основы теории звукового поля 2.1 Физическая природа звука	31	1	

2.2 Математический подход к описанию процесса распространения звуковых волн			
2.3. Законы распространения звуковых волн в идеальной жидкости			
2.4. Волновое сопротивление среды			
2.5. Интенсивность звуковых волн			
2.6. Суперпозиция звуковых волн			
2.7. Спектральный анализ звуковых волн			
2.8. Отражение и преломление звуковых волн на границе раздела сред			
3. Излучение и прием звуковых волн	15	1	
3.1. Гидроакустические преобразователи и антенны			
3.2. Направленное действие гидроакустических антенн			
3.3. Магнитострикционные антенны			
3.4. Пьезоэлектрические антенны			
4. Акустика моря	24	2	
4.1. Рефракция звуковых волн в морской воде			
4.2. Затухание звуковых волн в море			
4.3. Реверберация моря			
4.4. Рассеяние звуковых волн подводными объектами			
4.5. Рассеяние звуковых волн поверхностью и дном моря			
5. Гидроакустические рыбопоисковые средства и их эксплуатационно-технические характеристики	40	2	6
5.1. Принципы гидролокации			
5.2. Принципы построения рыболокаторов последовательного обзора			
5.3. Принципы построения рыболокаторов одновременного обзора			
5.4. Принципы построения траловых зондов			
5.5. Приемоусилительные тракты рыболокаторов и траловых зондов			
5.6. Дальность действия гидроакустических средств			
5.7. Разрешающая способность рыболокатора			
5.8. Расшифровка показаний рыболокаторов и траловых зондов			
6. Заключение	1		
Итого	112	6	6

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1. Основная литература

1. Букатый В. М. Гидроакустические рыбопоисковые приборы: Курс лекций. - Часть 1. - Калининград: БГА РФ, 1994. - 120 с.
2. Букатый В. М. Гидроакустические рыбопоисковые приборы: Курс лекций. - Часть 2. - Калининград: БГА РФ, 1995. - 96 с.
3. Букатый В. М. Гидроакустические рыбопоисковые приборы: Курс лекций. - Часть 3. - Калининград: БГА РФ, 1995. - 102 с.
4. Букатый В. М. Гидроакустические рыбопоисковые приборы: Курс лекций. - Часть 4. - Калининград: БГА РФ, 2002. - 130 с.
5. Букатый В. М. Расшифровка гидроакустической информации, воспроизводимой на эхограммах самописцев и экранах электронных индикаторов рыболокаторов и траловых зондов. - Калининград: КТИРПиХ, 1989. - 70 с.
6. Рыболокатор «Сарган-Э»: Методическое пособие по изучению принципа работы, устройства и эксплуатации рыболокатора вертикального поиска «Сарган-Э». - Калининград: КТИРПиХ, 1987.
7. Рыболокатор «Сарган-Г»: Методическое пособие по изучению принципа работы, устройства и эксплуатации рыболокатора горизонтального поиска «Сарган-Г». - Калининград: КТИРПиХ, 1988.
8. Траловый зонд СКОЛ-1500: Методическое пособие по изучению принципа работы, устройства и эксплуатации тралового зонда с гидроакустической линией связи СКОЛ-1500. - Калининград: КВИМУ, 1989.
9. Индикатор «Цвет»: Методическое пособие по изучению принципа работы, устройства и эксплуатации электронного индикатора с цветным изображением эхо-сигналов. - Калининград: БГА РФ, 1992.
10. Траловый зонд РИТМ-600: Методическое пособие по изучению принципа работы, устройства и эксплуатации тралового зонда с кабельной линией связи РИТМ-600. - Калининград: КВИМУ, 1993.

3.2. Дополнительная литература

11. Логинов К. В. Гидроакустические рыбопоисковые приборы. - М.: Пищевая промышленность, 1983.
12. Кобяков Ю. С., Кудрявцев Н. Н., Тимошенко В. И. Конструирование гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры. - Л.: Судостроение, 1986.
13. Кудрявцев В. И. Промысловая гидроакустика и рыболокация. - М.: Пищевая промышленность, 1979.
14. Юданов К. И. Гидроакустическая разведка рыбы. - С Пб.: Судостроение, 1992.

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ

Тема 1.1. Введение

Основные понятия и определения. Краткая классификация гидроакустических средств. Роль гидроакустических средств в современном промышленном рыболовстве. Историческая справка о развитии гидроакустики и гидролокации.

Методические указания по изучению темы

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо уяснить, что только звуковые волны способны распространяться в воде на большие расстояния и, следовательно, только технические средства подводного наблюдения, основанные на использовании звуковых волн и называемые гидроакустическими, способны решать задачи обнаружения подводных объектов, в том числе и объектов лова. Далее следует ознакомиться с классификацией гидроакустических средств по основным признакам: назначению, принципу получения гидроакустической информации и по кругу решаемых задач. В завершение изучения темы необходимо получить представление об истории развития гидроакустики и гидролокации и о вкладе отечественных и зарубежных ученых в создание гидроакустических средств.

Для изучения темы следует обратиться к учебному пособию [1] и к книге [12].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется гидроакустикой и гидролокацией?
2. Почему только гидроакустические средства способны обеспечивать рыбаков информацией об объектах промысла?
3. Как классифицируются гидроакустические средства по принципу получения гидроакустической информации?
4. Как классифицируются гидроакустические рыбопоисковые средства по кругу решаемых задач?
5. Что такое рыболокатор вертикального поиска?
6. Что такое рыболокатор горизонтального поиска?
7. Что такое траловый зонд?

Тема 2.1. Физическая природа звука

Процесс образования и распространения звуковых волн. Виды звуковых волн. Скорость звука, частота, длина волны. Волновая поверхность,

звуковой луч. Форма звуковой волны. Физические величины, характеризующие звуковую волну. Единицы измерения акустических величин. Децибелы. Неперы. Октава.

Методические указания по изучению темы

Тема не представляет каких-либо трудностей для изучения, так как содержание ее является в основном повторением соответствующего раздела физики, правда повторением уже на прикладном «гидроакустическом» уровне. Здесь необходимо обратить внимание на связь скорости звука с длиной волны и частотой и уяснить такие важные для дальнейшего понятие, как волновая поверхность и звуковой луч. В соответствии с физикой звукового процесса, величинами, характеризующими звуковую волну, являются смещения частиц среды из положения равновесия, скорости смещения частиц – колебательные скорости, избыточное давление в среде – звуковое давление, избыточная плотность – акустическая плотность, акустическая мощность и интенсивность звука. Для дальнейшего изучения дисциплины необходимо твердо усвоить смысл этих понятий. В гидроакустике, кроме общепринятых единиц измерения физических величин, употребляются такие относительные единицы, как децибел, непер, октава. Поэтому следует научиться выражать величины в этих единицах и уметь переходить от относительных единиц к абсолютным. Для освоения темы можно ограничиться учебным пособием [1, лекция 1].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. В виде какой модели можно представить среду для объяснения процесса возникновения и распространения звуковой волны в ней?
2. Что называется звуковой или упругой волной? Почему звуковой? Почему упругой?
3. Что называется скоростью звука? Какие свойства среды влияют на значение скорости звука?
4. Что такое продольная и что такое поперечная звуковые волны?
5. Почему в воде и воздухе могут иметь место только продольные звуковые волны?
6. Что такое длина волны? Как связаны между собой скорость звука, частота и длина волны?
7. На какие частотные диапазоны разбиты звуковые волны?
8. Что называется волновой поверхностью и звуковым лучом?
9. Как ориентирован звуковой луч относительно волновой поверхности в изотропной среде?

10. Чем определяется форма волны и какие по форме бывают звуковые волны ?

11. Что называется колебательной скоростью ? Звуковым давлением ? Акустической плотностью ? Акустической мощностью ? Интенсивностью звука ?

12. Если одноименные физические величины разнятся на 20 дБ, то во сколько раз одна из них отличается от другой ?

Тема 2.2. Математический подход к описанию процесса распространения звуковых волн

Понятие о методах описания движения сплошных сред. Метод Лагранжа. Метод Эйлера. Гипотезы, вводимые для упрощения количественного описания звукового процесса. Уравнения гидродинамики идеальной жидкости и их упрощение с учетом принятых гипотез. Волновое уравнение.

Методические указания по изучению темы

Стратегия количественного описания звукового процесса, как процесса сугубо механического, базируется на законах теоретической механики: сила инерции равна сумме всех других сил, действующих на механическую систему (принцип Даламбера). При этом возможны две тактики (два подхода) в зависимости от того, что принимается за объект изучения. Если объектом изучения являются частицы среды, то применяется метод Лагранжа. Если объектом изучения являются поля физических величин, то применяется метод Эйлера. Необходимо уяснить, что метод Эйлера более общ и менее громоздок и что все величины, характеризующие волну, при его применении являются функциями координат точек неподвижного пространства и времени.

Для упрощения количественного описания звукового процесса вводят ряд гипотез: о сплошности среды, об идеальности среды, об адиабатичности протекания процесса, о малости движения и о потенциальности движения. Следует уяснить сущность этих гипотез. Описание звукового процесса базируется на уравнениях гидродинамики: уравнении движения, уравнении непрерывности среды, уравнении состояния среды. Об этих уравнениях достаточно иметь представление и уметь использовать принятые гипотезы для их упрощения – линеаризации. Совместное решение линеаризованных уравнений гидродинамики приводит к волновому уравнению – дифференциальному линейному однородному с постоянными коэффициентами уравнению второго порядка в частных производных, в котором в качестве неизвестной переменной выступает потенциал скорости. Волновым уравнением описывается процесс распространения звуковых

волн любых видов и форм. Следует представлять, что из решения волнового уравнения находится потенциал скорости – не столько физическая величина, сколько математическая абстракция (вспомогательная величина). Зная потенциал скорости, можно считать, что задача о звуковом поле решена, так как потенциал скорости простыми соотношениями связан с другими физическими величинами, характеризующими звуковую волну. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [1, лекция 2]

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. В чем заключается метод Эйлера для изучения движения сплошных сред?
2. Функциями каких аргументов являются физические величины, характеризующие звуковую волну, при решении задачи о звуковой волне по методу Эйлера?
3. Какие гипотезы вводятся для упрощения решения задачи о звуковой волне? Что они означают, на каком основании применяются?
4. К отрицанию какой реальности приводит принятие гипотез о сплошности среды, об адиабатичности протекания процесса и об идеальности среды?
5. Что такое потенциал скорости и как он связан со звуковым давлением и колебательной скоростью?
6. Что позволяет сделать с уравнениями гидродинамики идеальной жидкости принятие гипотезы о малости движения?
7. Какой вид имеет волновое уравнение? Почему оно однородно? Почему оно линейно?
8. Почему решение волнового уравнения не приведет к реально наблюдаемому результату в задаче о звуковых волнах большой амплитуды?

Тема 2.3. Законы распространения звуковых волн в идеальной жидкости

Волновое уравнение для плоских волн и его общее решение. Гармонические плоские бегущие волны в идеальной жидкости. Фазовая скорость звука и волновое число. Звуковое давление и колебательная скорость в плоской бегущей гармонической волне. Волновое уравнение для сферических волн и его решение для бегущей сферической волны. Звуковое давление и колебательная скорость в бегущей сферической волне. Отличие сферических волн от плоских. Геометрическое затухание.

Необходимо уяснить, что трехмерным волновым уравнением описывается распространение звуковых волн любой формы. Но для волн плоской формы его можно упростить – сделать одномерным, если одну из координатных осей направить перпендикулярно к волновой поверхности.

Решение одномерного волнового уравнения проще всего осуществить методом Даламбера путем введения новых независимых переменных, связанных простыми соотношениями со старыми независимыми переменными. В общем виде решение волнового уравнения получается как сумма двух произвольных функций, имеющих смысл прямой и обратной волн. В неограниченном пространстве обратной волны быть не может, поэтому в качестве общего решения берут прямую волну, распространяющуюся в положительном направлении выбранной оси координат и называемую бегущей волной. При условии, что волна гармоническая, произвольную функцию следует заменить на одну из гармонических функций.

Далее следует выяснить смысл величины c и коэффициента k перевода аргумента в радианную меру. Величина c является фазовой скоростью звука. С этого этапа изучения дисциплины студент должен запомнить, что в морской воде в среднем скорость звука равна 1500 м/с, а в воздухе – около 340 м/с. Коэффициент k численно равен набегу фазы волны на единичном расстоянии, пройденном волной. Коэффициент $k = 2\pi/\lambda$ по своему количественному выражению показывает, сколько длин волн уместится по длине окружности единичного радиуса, и называется поэтому волновым числом. Эту формулу необходимо запомнить, так как она очень часто будет использоваться в рассуждениях. Далее, используя связь между потенциалом скорости и колебательной скоростью и звуковым давлением, необходимо найти выражения для колебательной скорости и звукового давления в плоской волне, обратив внимание на то, что в плоской волне звуковое давление и колебательная скорость изменяются синфазно и что амплитуды этих величин постоянны, т. е. плоская волна в идеальной жидкости является волной незатухающей, как и должно быть по постановке задачи.

Приступая к решению волнового уравнения для сферических волн, следует понять, как можно упростить его с учетом сферической симметрии задачи и свести к одномерному волновому с одной радиальной пространственной координатой, по математическому виду такому же, как и для плоской волны. Учитывая математическую одинаковость вида уравнений для плоской и сферической волн, решение волнового уравнения для бегущей синусоидальной сферической волны следует записать по аналогии с плоской волной. Затем, так же как и для плоской волны, следует найти колебательную скорость и звуковое давление в сферической волне, обратив внимание на то, что в сферической волне, в отличие от плоской, они изме-

няются несинфазно: колебательная скорость на некоторый угол, зависящий от отношения длины волны к пройденному ею расстоянию, отстает по фазе от звукового давления. Правда, этот угол уже на расстояниях, больших длины волны, становится исчезающе малым, так что в этом плане на больших расстояниях от источника сферическая волна практически не отличается от плоской.

Следует обратить внимание еще на одно отличие сферической волны от плоской: в сферической волне амплитуды убывают обратно пропорционально пройденному волной расстоянию. Сферическая волна, следовательно, даже в идеальной жидкости является волной затухающей. Необходимо уяснить, что затухание сферической волны обусловлено лишь геометрией ее волновой поверхности – расширением площади волновой поверхности по мере увеличения пройденного расстояния, так что с ростом расстояния мощность источника сферической волны распределяется по все большей поверхности; интенсивность, как мощность, приходящаяся на единицу площади волновой поверхности, становится все меньше и меньше, все меньшими и меньшими становятся амплитуды звукового давления и других физических величин, характеризующих сферическую волну. Так как такое затухание сферической волны вызвано геометрическими причинами, то его принято называть геометрическим затуханием, в отличие от имеющего место в реальности физического затухания, обусловленного уже свойствами среды. Из-за геометрического затухания амплитуды сферической волны убывают обратно пропорционально пройденному расстоянию, а интенсивность – обратно пропорционально квадрату расстояния. Следует уяснить, что геометрическое затухание будет присуще и другим волнам, у которых в той или иной мере расширяется площадь волновой поверхности по мере их распространения. Для изучения темы рекомендуется учебное пособие [1, лекция 3].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. В чем заключается общее решение волнового уравнения по методу Даламбера? Каков физический смысл этого решения?
2. Что такое волновое число?
3. Чему будет равно волновое число, если длина волны равна 15 см?
4. Как найти звуковое давление и колебательную скорость, если известен потенциал скорости?
5. Каковы особенности распространения плоских бегущих волн в идеальной жидкости?
6. Каковы особенности распространения сферических бегущих волн в идеальной жидкости?
7. Что такое геометрическое затухание и каким волнам оно присуще?

2.4. Волновое сопротивление среды

Понятие сопротивления в технике. Акустическое сопротивление. Волновое сопротивление. Волновое сопротивление среды для плоских и сферических волн. Физический смысл волнового сопротивления.

Методические указания по изучению темы

Прежде чем подойти к понятию волнового сопротивления среды, следует обратить внимание на общетехническое определение сопротивления. например, в механике, электротехнике. В механической системе под сопротивлением движению понимают отношение силы, вызвавшей движение, к скорости, приобретенной системой. В электротехнике под электрическим сопротивлением цепи понимают отношение напряжения (разности потенциалов) к протекающему току. Как видно, и в механике, и в электротехнике сопротивление – это отношение причины к вызванному ею следствию. Тогда по аналогии можно ввести понятие сопротивления среды распространению в ней звуковых волн и в акустике, назвав им отношение силы, действующей на волновую поверхность – причина, к колебательной скорости частиц на этой волновой поверхности – следствие. Но в акустике чаще пользуются не самим акустическим сопротивлением, а той лишь долей его, которая приходится на единицу площади волновой поверхности. Так как сила, действующая на волновую поверхность, поделенная на площадь волновой поверхности, – это звуковое давление, то волновым сопротивлением среды следует называть отношение звукового давления к колебательной скорости частиц.

Находя волновое сопротивление, следует обратить внимание на то, что для плоских волн оно зависит только от плотности среды и скорости звука в ней, и на то, что модуль волнового сопротивления можно вычислить делением амплитуды звукового давления на амплитуду колебательной скорости. Для сферической волны модуль волнового сопротивления зависит как от плотности среды и скорости звука в ней, так и от угла сдвига по фазе между звуковым давлением и колебательной скоростью. Но на больших расстояниях от источника, когда этот угол становится исчезающе малым, волновое сопротивление для сферических волн практически становится таким же, как и для плоских волн.

Выясняя физический смысл волнового сопротивления, следует обратить внимание на то, что в звуковой волне энергия источника также тратится на преодоление сопротивления среды, но в отличие от механики или электротехники она не тратится безвозвратно, не застревает в одном месте (не превращается в тепло), а, преодолев волновое сопротивление одного участка среды, переходит к другому участку, обладающему таким же волновым сопротивлением. Таким образом, волновое сопротивление обеспе-

чивает перенос энергии источника в среде. В этом смысле большое волновое сопротивление не является каким-либо недостатком среды. Для изучения темы рекомендуется учебное пособие [1, лекция 4].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется акустическим сопротивлением среды?
2. Что называется волновым сопротивлением среды?
3. Как можно вычислить модуль волнового сопротивления?
4. Чему равно волновое сопротивление среды для плоских волн?
5. От чего в общем случае зависит волновое сопротивление среды для сферических волн?
6. Чем отличается по физическому смыслу понятие сопротивления среды в акустике по сравнению с понятием сопротивления в механике и электротехнике?

Тема.2.5. Интенсивность звуковых волн

Определение интенсивности и общая расчетная формула для ее вычисления. Интенсивность плоских волн. Интенсивность сферических волн.

Методические указания по изучению темы

Интенсивность – основная энергетическая характеристика звуковой волны. Необходимо представлять, как получить выражение для расчета интенсивности через звуковое давление и колебательную скорость. Важно уяснить, что интенсивность любой волны можно найти через звуковое давление. Интенсивность всегда пропорциональна квадрату звукового давления и обратно пропорциональна волновому сопротивлению среды. Необходимо помнить формулу для расчета интенсивности через амплитуду или эффективное значение звукового давления, так как эта формула часто будет нужна для дальнейшего освоения программы дисциплины. Для изучения темы рекомендуется учебное пособие [1, лекция 4].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется интенсивностью звуковой волны?
2. Как связана интенсивность с колебательной скоростью и звуковым давлением?
3. Как вычислить интенсивность, если измерено эффективное значение звукового давления?

4. Почему практически невозможно вычислить интенсивность, если измерена колебательная скорость?

5. На сколько процентов интенсивность сферической волны будет меньше интенсивности плоской волны в одной и той же среде и при одном и том же значении колебательных скоростей и звуковых давлений, если в сферической волне колебательная скорость на 9 град отстает от звукового давления?

Тема 2.6. Суперпозиция звуковых волн

Сущность принципа суперпозиции. Математические и физические условия применимости принципа суперпозиции в классической гидроакустике. Суперпозиция когерентных волн. Интерференция. Суперпозиция некогерентных волн. Энергетическое сложение волн.

Методические указания по изучению темы

Принцип суперпозиции - это принцип простого суммирования колебаний (волн). Этот принцип известен студентам из курса физики: если в данном месте среды одновременно существует несколько волн, то результирующая волна будет равна простой сумме отдельных волн. Но при этом возникает вопрос, на каком основании можно суммировать отдельные волны. Студенты должны усвоить, что принцип суперпозиции безусловен и, строго говоря, применяется лишь для волн, распространение которых описывается линейным уравнением.

Из курса математики известно, что если уравнение линейное, то ему удовлетворяют как отдельные частные решения, так и любая линейная комбинация частных решений (сумма). Волновое уравнение линейно, поэтому сумма отдельных волн (частных решений) будет удовлетворять волновому уравнению. Однако уравнение описывает процесс распространения волн малой амплитуды. Следовательно, с точки зрения математики, можем утверждать, что принцип суперпозиции применим к волнам лишь малой амплитуды. Принцип суперпозиции, с точки зрения физики, предполагает независимое суммирование волн. Звуковые волны, одновременно существующая, не могут не влиять друг на друга, так как распространение их связано с изменением плотности и давления в среде. Но, когда амплитуды их малы, то это взаимовлияние весьма слабое. Можно считать, что они распространяются независимо. Такова физическая подоплека применимости принципа суперпозиции.

Далее следует обратить внимание на то, что суперпонируют могут любые волны малой амплитуды, независимо от значений самих амплитуд, фаз волн, их частот, но результат суперпозиции будет различен в зависимости от того, когерентны отдельные волны или некогерентны. Если вол-

ны когерентны, то результирующая волна будет иметь амплитуду, не зависящую от времени, но изменяющуюся периодически от максимума до минимума в пространстве. Если же волны некогерентны, то амплитуда результирующей волны будет зависеть от времени, а энергии отдельных волн будут суммироваться (энергетическое сложение волн). Понимание закономерностей суперпозиции волн важно при рассмотрении вопросов о направленном действии антенн и вопросов, связанных с формированием эхо-сигналов от подводных объектов. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [1, лекция 5].

Вопросы для самопроверки усвоения материала

1. Что такое принцип суперпозиции? К каким волнам применим принцип суперпозиции?
2. Могут ли суперпонировать волны разных частот?
3. Что такое когерентные и что такое некогерентные волны?
4. Каков характер результирующей волны при когерентной суперпозиции?
5. Каков характер результирующей волны при некогерентной суперпозиции?
6. Что имеется в виду под энергетическим сложением волн?
7. Почему важно иметь представление о закономерностях суперпозиции волн?

Тема 2. 7. Спектральный анализ звуковых волн

Простые и сложные волны. Сущность спектрального (гармонического) анализа сложных волн. Понятие о спектральном анализе сложных периодических волн. Понятие о спектральном анализе непериодических волн. Спектральная плотность. Полоса частот сложной волны. Спектры и полосы частот звуковых импульсов и шумовых полей судов.

Методические указания по изучению темы

В природе не существует простых, т. е. гармонических волн. Они придуманы человеком и служат в качестве аппарата (удобного инструмента) для изучения сложных волн, распространяющихся по законам, отличным от гармонического, которые нас окружают и в воздухе и в воде. С помощью понятия о простых (гармонических) волнах, опираясь на известную из курса математики теорему Фурье, можно представить себе сложную периодическую волну в виде простой суммы гармонических волн и говорить о спектре сложной волны, т. е. о распределении амплитуд, фаз,

интенсивностей гармонических волн, как бы составляющих сложную волну.

Необходимо уяснить, что спектр сложной периодической волны является дискретным или линейчатым, конечным или бесконечным в зависимости от сложности исходной волны. Представление о разложении непериодической волны на простые составляющие проще всего получить, представив непериодическую волну в виде периодической, но с периодом, равным бесконечности, и применить к такой волне ту же теорему Фурье. При таком подходе легко убедиться, что спектр непериодической волны окажется сплошным, непрерывным и всегда бесконечным. Для характеристики сплошного спектра пользуются понятием о спектральной плотности как об амплитуде, фазе, интенсивности, приходящейся на единицу частоты в бесконечно узком интервале частот.

Далее следует уяснить, что энергия реальных звуковых сигналов, встречающихся в гидроакустике, в основном сосредоточена в определенной области частот, называемой полосой частот сложной волны. В этом случае, понимая, что такое спектральная плотность, можно вычислить энергию волны в полосе частот, проинтегрировав спектральную плотность в пределах полосы частот. Усвоив это, необходимо познакомиться с особенностями спектров звуковых импульсов и шумовых полей судов. Важно представлять, что полоса частот звукового импульса, в которой сосредоточена его основная энергия, обратно пропорциональна длительности импульса. В заключение необходимо уяснить, что вопросы данной темы важны для понимания задач, связанных с приемом эхо-сигналов в рыболокаторах. Для изучения темы следует прибегнуть к учебному пособию [1, лекция 6].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что понимается под простой и что понимается под сложной звуковыми волнами?
1. Что такое спектр сложной волны?
2. Что характерно для спектра сложной периодической волны?
3. Что характерно для спектра непериодической волны?
4. Что называется спектральной плотностью?
5. Что такое полоса частот сложной волны?
6. Как найти энергию волны в заданной полосе частот?
7. Каковы особенности спектров звуковых импульсов?
8. Чем определяется ширина полосы частот звукового импульса?
9. Каковы особенности спектров шумовых полей судов?
10. Почему важно иметь представление о полосах частот звуковых сигналов?

11. В самом ли деле сложные волны, которые нас окружают, состоят из простых волн ?

Тема 2.8. Отражение и преломление звуковых волн на границе раздела сред

Волновая и геометрическая акустика. Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля. Геометрические соотношения при отражении и преломлении звуковых волн. Полное внутреннее отражение. Закон Снеллиуса. Коэффициенты отражения и преломления. Фазовые соотношения при отражении. Стоячие волны. Прохождение звука через промежуточный слой. Звукопрозрачные среды в гидроакустике.

Методические указания по изучению темы

Важно понять, что есть два подхода к решению акустических задач, сопровождающих распространение звуковых волн: строгий подход, базирующийся на волновом уравнении – волновая акустика, и нестрогий подход, базирующийся на геометрических представлениях – геометрическая акустика. Основное различие между ними заключается в том, в волновой акустике принимаются во внимание фазы волн, а в геометрической акустике понятие о фазе волны отсутствует. Тем не менее геометрическая акустика позволяет иметь правильные решения задач, но только при соблюдении определенных ограничений, которые ставит строгая волновая теория: размеры препятствий должны намного превышать длину волны, а неровности их поверхностей должны быть меньше четверти длины волны и, кроме того, изменения скорости звука должны быть незначительными на протяжении длины волны.

Изучая вопросы отражения звуковых волн, необходимо уяснить, что значения коэффициентов отражения и преломления зависят от соотношения волновых сопротивлений сред, а прохождение звука через перегородки (промежуточный слой) зависит еще и от соотношения толщины перегородки и длины волны. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [1, лекция 7]. Дополнительно можно использовать источники [11, 13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что такое волновая и геометрическая акустика ?
2. В чем заключается принцип Гюйгенса ? Принцип Гюйгенса-Френеля ?
3. При каких условиях допустимо пользоваться методами геометрической акустики ?

4. Что такое полное внутреннее отражение и при каких условиях оно наблюдается ?

5. Что называется коэффициентом отражения по амплитуде и по энергии (интенсивности) ?

6. Чему будет равен коэффициент отражения по интенсивности при нормальном падении волны, если соотношение волновых сопротивлений сред равно 0,5 ?

7. Каковы особенности стоячих волн ?

8. При каких условиях звуковая волна полностью проходит через перегородку на ее пути ?

Тема 3.1. Гидроакустические преобразователи и антенны

Физический процесс излучения и приема звуковых волн. Электроакустические преобразователи. Гидроакустические преобразователи. Гидроакустические антенны. Типы гидроакустических антенн. Основные эксплуатационно-технические характеристики гидроакустических антенн.

Методические указания по изучению темы

Студент должен уяснить, что электроакустические аппараты, предназначенные для работы в воздухе, неспособны эффективно работать в водной среде из-за того, что они не могут развивать больших усилий для преодоления волнового сопротивления воды при излучении и не могут реагировать на маленькие смещения частиц в воде при приеме звуковых волн.

Для работы в воде создаются специальные электроакустические устройства, называемые гидроакустическими преобразователями. Гидроакустический преобразователь обязательно содержит механическую колебательную систему. Для работы гидроакустических преобразователей используются магнитострикционный или пьезоэлектрический эффект. В состав антенны может входить один или большое количество гидроакустических преобразователей.

Необходимо уяснить, что формирование направленного излучения и приема звуковых волн антеннами возможно либо за счет суперпозиционных эффектов – интерференционные антенны, либо за счет использования нелинейного взаимодействия звуковых волн – параметрические антенны. Важно обратить внимание на смысл таких эксплуатационно-технических характеристик антенны, как предельно излучаемая мощность, коэффициент полезного действия, чувствительность, ширина диаграммы направленности, коэффициент осевой концентрации, минимально допустимая длительность излучаемого или принимаемого звукового импульса. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [2, лекция 8].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется электроакустическим преобразователем ?
2. Почему электроакустические преобразователи (динамики, микрофоны), предназначенные для работы в воздухе, неэффективно работают в водной среде ?
3. Что называется гидроакустической антенной ?
4. Как классифицируются гидроакустические антенны по методам преобразования энергии, по принципам формирования пространственной избирательности излучения и приема звука, по видам колебаний точек рабочей поверхности, по числу преобразователей, по конструкции колебательной системы ?
5. Какие основные эксплуатационно-технические характеристики присущи антеннам в режиме излучения и приема ?
6. Какое природное явление ограничивает излучаемую антенной мощность ?
7. Что называется диаграммой направленности, характеристикой направленности, шириной диаграммы направленности и коэффициентом осевой концентрации антенны ?
8. Какие эффекты используются для формирования диаграмм направленности антенн ?

Тема 3.2. Направленное действие гидроакустических антенн

Физический процесс формирования направленного излучения и приема звуковых волн интерференционными антеннами. Характеристика направленности и коэффициент осевой концентрации поршневых интерференционных антенн. Понятие о формировании диаграмм направленности и управлении ими с помощью непоршневых интерференционных антенн. Понятие о параметрических гидроакустических антеннах.

Методические указания по изучению темы

В этой теме особое внимание следует уделить физическим основам эффектов направленного излучения и приема. Весьма важно усвоить такое понятие, как характеристика направленности, и вытекающее из него понятие о ширине диаграммы направленности. Здесь необходимо получить представление о расчете характеристики направленности, ширины диаграммы направленности и коэффициента осевой концентрации поршневых антенн. Необходимо твердо усвоить, что у поршневых антенн акустическая ось всегда направлена перпендикулярно к рабочей поверхности, а ширина диаграммы и коэффициент осевой концентрации определяются

волновым размером антенны – отношением размеров антенны к длине излучаемой волны. Следует понять также, что с помощью непоршневых интерференционных антенн можно создавать диаграммы направленности с требуемой ориентацией акустической оси антенны и, более того, управлять пространственным положением диаграммы с течением времени.

В заключение необходимо получить понятие о новых типах антенн – параметрических, формирование диаграмм направленности у которых, в отличие от интерференционных антенн, осуществляется не за счет суперпозиционных явлений, а за счет нелинейного взаимодействия звуковых волн, когда порождаются эффекты, которые невозможно выявить на основе принципа суперпозиции. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [2, лекция 9]. Для более полного представления о параметрических антеннах следует обратиться к книге [12].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. На какие знания следует опираться и как подойти к объяснению эффекта направленного излучения интерференционными антеннами?
2. Чему будет равна ширина диаграммы направленности поршневой одноэлементной антенны на нулевом уровне, если волновой размер ее равен 2λ ?
3. Чему будет равен коэффициент осевой концентрации поршневой одноэлементной антенны в виде круглого диска, если волновой размер ее равен 2λ ?
4. Какой должна быть интерференционная антенна для того, чтобы акустическая ось ее была повернута в заданном направлении и что нужно делать, чтобы изменять со временем положение акустической оси?
5. В чем заключаются положительные свойства параметрических антенн и каковы их недостатки?

Тема 3.3. Магнитострикционные гидроакустические антенны

Прямой магнитострикционный эффект. Кривая магнитострикции. Магнитострикционная постоянная. Колебания неполяризованного и поляризованного ферромагнетика. Обратный магнитострикционный эффект. Типы и устройство магнитострикционных антенн. Преимущества и недостатки магнитострикционных антенн.

Методические указания по изучению темы

Усвоение темы требуется на уровне представления. Следует вспомнить физику, освежить знания по магнитострикционному эффекту и представлять преимущества поляризованных ферромагнетиков. Далее необхо-

димо познакомиться с устройством магнитострикционных антенн и получить представление об их преимуществах и недостатках. Важно уяснить, что магнитострикционные антенны имеют низкий коэффициент полезного действия, особенно на высоких частотах. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [2, лекция 10] и книге [11].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется прямым магнитострикционным эффектом ?
2. Что такое магнитострикционная постоянная ?
3. В чем заключаются различия колебаний неполяризованного и поляризованного ферромагнетиков ?
4. Что такое обратный магнитострикционный эффект ?
5. Как устроены магнитострикционные антенны ?
6. Почему на высоких частотах у магнитострикционных антенн становится низким коэффициент полезного действия ?

Тема 3.4. Пьезоэлектрические гидроакустические антенны

Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Пьезомодуль. Искусственные пьезоэлектрики – пьезокерамики. Продольный и поперечный пьезоэффекты. Типы и устройство пьезоэлектрических антенн. Преимущества и недостатки пьезоэлектрических антенн.

Методические указания по изучению темы

Усвоение темы требуется на уровне представления. Следует вспомнить физику, освежить знания по пьезоэлектрическому эффекту. В дополнение к знаниям из курса физики необходимо познакомиться с продольным и поперечным пьезоэффектами и с искусственными пьезокерамиками, используемыми для построения пьезоэлектрических антенн. Далее необходимо получить представление о типах и конструкциях пьезоэлектрических антенн, об их преимуществах и недостатках. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [2, лекция 11].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что такое прямой пьезоэлектрический эффект ?
2. Что называется обратным пьезоэффектом ?
3. Что такое пьезомодуль ? Какой из известных пьезоэлектриков имеет наибольший пьезомодуль ?
4. Что называется продольным и поперечным пьезоэффектами ?
5. Каких типов бывают пьезоэлектрические антенны ?

6. В чем заключаются преимущества и в чем недостатки пьезоэлектрических антенн ?

Тема 4.1. Рефракция звуковых волн в морской воде

Морская вода как звукопроводная среда. Скорость звука в морской воде. Распределение скорости звука по глубине моря. Среднее значение скорости звука на пути распространения волны. Рефракция звуковых волн. Траектория звукового луча. Влияние рефракции на обнаружение подводных объектов. Геометрическая дальность действия рыболокатора. Подводные звуковые каналы. Сверхдальнее распространение звуковых волн в море.

Методические указания по изучению темы

В этой теме узловыми являются вопросы рефракции звуковых волн в морской воде и ее влияния на обнаружение подводных объектов. Изучая эти вопросы, необходимо усвоить как физическую сторону самого явления рефракции и расчета траектории звукового луча, так и влияние рефракции на обнаружение подводных объектов: геометрическую дальность действия, возникновение погрешностей при определении глубины погружения объекта по данным рыболокатора горизонтального поиска. Остальные вопросы носят вспомогательный характер, и при изучении их можно ограничиться уровнем представления. Для изучения темы рекомендуется учебное пособие [3, лекция 12].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Функцией каких гидрологических параметров морской воды следует рассматривать скорость звука в ней ?
2. Что такое градиент скорости звука ?
3. Что называется подводным звуковым каналом и слоем скачка ?
4. Как объясняется явление рефракции на основе принципа Гюйгенса и как его можно объяснить на основе закона Снеллиуса ?
5. Что такое отрицательная рефракция и что такое положительная рефракция ?
6. Как влияет рефракция на дальность обнаружения косяка рыбы рыболокатором горизонтального поиска ?
7. Почему при расчете глубины погружения косяка по данным рыболокатора горизонтального поиска возникают погрешности в глубине ?
8. Чем объясняется сверхдальнее распространение звуковых волн в подводном звуковом канале ?

Тема 4.2. Затухание звуковых волн в море

Причины затухания. Закон затухания. Коэффициент затухания. Аномалии затухания.

Методические указания по изучению темы

Как студент уже выяснил, изучая тему 2.3, для звуковых волн, излучаемых реальными источниками (а это сферические волны), имеет место геометрическое затухание, несвязанное со свойствами среды, но вызванное расширением площади волновой поверхности волны. Из-за геометрического затухания интенсивность зондирующего сигнала убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. В этой теме речь идет о затухании, вызванном физическими свойствами среды, в нашем случае свойствами морской воды – физическом затухании. Необходимо уяснить причины физического затухания в морской воде (вязкость, теплопроводность, молекулярные процессы, рассеяние на неоднородностях) и получить закон физического затухания. Важно понять, что коэффициент затухания – частотно-зависимая величина: чем выше частота волны, тем больше коэффициент затухания и тем сильнее спадает интенсивность звуковой волны. Выражение для интенсивности зондирующего сигнала с учетом геометрического и физического затухания следует запомнить, так как оно потребуется для дальнейших рассуждений. Завершить изучение темы необходимо получением представлений об аномальных случаях физического затухания, обусловленного газовыми пузырьками, содержащимися в морской воде. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [3, лекция 13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Какие свойства морской воды влияют на затухание звуковой волны?
2. По какому закону убывает интенсивность звуковой волны в морской воде в связи с физическим затуханием?
3. Как влияет частота волны на значение коэффициента затухания?
4. По какому закону убывает интенсивность зондирующего сигнала рыболокатора?
5. Чем может вызываться аномально большое затухание звуковых волн в морской воде?

Тема 4.3. Реверберация моря

Физика явления. Объемная, поверхностная и донная реверберация. Маскирующее действие реверберации моря на эхо-сигналы. Временная ав-

томатическая регулировка усиления (ВАРУ). Отсечка реверберации от эхо-сигналов с помощью ВАРУ.

Методические указания по изучению темы

Вопросы темы имеют важное прикладное значение, так как реверберация моря является помехой, от которой необходимо уметь избавляться при эксплуатации рыболокаторов. Эхо-сигналы следуют вместе с реверберацией, и их необходимо рассматривать, как выбросы реверберации, поскольку физическая природа реверберации и эхо-сигналов одна и та же. Частотной селекцией либо убавлением или увеличением усиления невозможно отсечь эхо-сигналы от фона реверберации. Здесь важно уяснить, что уровень объемной и поверхностной реверберационных помех спадает со временем после момента излучения. Это дает возможность отсечь реверберацию от эхо-сигналов путем автоматического повышения коэффициента усиления с помощью ВАРУ по закону, обратному спаданию реверберации. Изучив тему, необходимо четко уяснить сам принцип отсечки реверберации от эхо-сигналов и пути практической реализации этого принципа. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [3, лекция 14] и книге [13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется объемной реверберацией? Поверхностной реверберацией? Донной реверберацией?
2. Почему объемная и поверхностная реверберации маскируют своим фоном эхо-сигналы?
3. Почему ни частотной селекцией, ни увеличением или уменьшением усиления невозможно отсечь реверберацию от эхо-сигналов?
4. Что такое ВАРУ?
5. По какому закону ВАРУ должна увеличивать коэффициент усиления в усилительном тракте рыболокатора и с какого момента времени?
6. По каким признакам при эксплуатации рыболокатора можно судить о том, что ВАРУ отрегулирована?

Тема 4.4. Рассеяние звуковых волн подводными объектами

Физическая сущность рассеяния. Рассеяние звука жесткой сферой. Акустическое поперечное рассеяние и радиус эквивалентной сферы объекта. Рассеяние зондирующего сигнала одиночной рыбой и косяком рыбы. Акустическое поперечное рассеяние и радиус эквивалентной сферы одиночных рыб и косяков рыбы. Звукорассеивающие слои моря.

Методические указания по изучению темы

Прежде всего, следует уяснить, что рассеяние звука может вызываться только теми объектами, волновое сопротивление которых отличается от волнового сопротивления морской воды. Рассеивающие свойства подводных объектов характеризуются таким понятием, как акустическое поперечное сечение рассеяния, и важно понять смысл этой величины. Теоретически можно вычислить акустическое поперечное сечение рассеяния лишь для идеально отражающих звук объектов простейших геометрических форм, например, для жесткой сферы. Для жесткой сферы, диаметр которой больше длины волны, акустическое поперечное сечение рассеяния оказывается равным площади большого круга. Для объектов сложной формы и неидеально отражающих звук, в частности, одиночных рыб и рыбных косяков, акустическое поперечное сечение рассеяния определяется экспериментально, путем сравнения напряжения эхо-сигналов от жесткой сферы – эталона с известным акустическим поперечным сечением рассеяния с напряжением эхо-сигналов от испытуемого объекта. Так как площадь сферы зависит от ее радиуса, то можно говорить, что испытуемый объект эквивалентен по рассеивающей способности сфере такого-то радиуса и ввести понятие о радиусе эквивалентной сферы объекта.

Следует представлять, что одиночные рыбы имеют радиусы эквивалентных сфер, исчисляемые сотыми (малые рыбы) и десятными (крупные рыбы) метра, а рыбные косяки имеют радиусы эквивалентных сфер, исчисляемые метрами. Радиус эквивалентной сферы рыбного косяка зависит как от размеров рыб, так и от плотности косяка (количества особей в единице объема воды). В промысловой гидроакустике оперируют понятиями «стандартная рыба» – радиус эквивалентной сферы 0,1 м (крупная треска) и «стандартный косяк» – радиус эквивалентной сферы 2 м (косяк рыбы типа скумбрии или ставриды с плотностью 0,7 рыбы в кубометре воды).

Необходимо усвоить, что процесс рассеяния зондирующего импульса косяком рыбы – это не что иное, как суперпозиция рассеяний отдельными рыбами в месте расположения антенны рыболокатора. Процесс исключительно сложный, обычно представляющий собой некогерентную суперпозицию, в результате которой, как студент уже знает из темы 2.6, результирующее звуковое поле усиливается. Следовательно, чем больше плотность косяка, тем большее количество рыб попадает в объем воды, занимаемый зондирующим импульсом, и тем сильнее будет эхо-сигнал. Кроме того, форма эхо-сигнала также зависит от плотности косяка, что используется для суждения о косяке по эхо-сигналам от него.

В завершение этой темы следует обратить внимание на то, что в море существуют скопления мелких организмов – звукорассеивающих слоев (ЗРС). Необходимо выяснить особенности биологии ЗРС и особенности их регистрации рыболокаторами, чтобы отличать эхо-сигналы от ЗРС от эхо-

сигналов от косяков рыбы. Изучение темы рекомендуется по учебным пособиям [3, лекция 15], а также с использованием книг [13, 14].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Какие подводные объекты способны рассеивать звуковые волны ?
2. Что такое акустическое поперечное рассеяние объекта ?
3. Чему равно акустическое поперечное сечение рассеяния жесткой сферы, диаметр которой больше длины волны ?
4. Как на практике измеряется акустическое поперечное сечение рассеяния объектов сложной формы ?
5. Как понимать следующую фразу: «Радиус эквивалентной сферы косяка равен 3 м» ?
6. От чего зависит радиус эквивалентной сферы косяка рыбы ?
7. Что такое «стандартная рыба» и «стандартный косяк» ?
8. Что такое ЗРС ? Каковы особенности регистрации ЗРС рыболокаторами ?

Тема 4.5. Рассеяние звука дном и поверхностью моря

Акустические свойства морского дна. Физика рассеяния звука дном моря. Параметр Рэля. Коэффициент рассеяния. Доплеровский спектр эхосигналов от дна моря. Принцип построения доплеровского лага. Эхосигналы от дна моря как случайные процессы. Принцип построения корреляционного лага. Рассеяние звука поверхностью моря.

Методические указания по изучению темы

Необходимо получить представление о том, что рассеяние звука дном довольно сложный процесс, при котором происходит частичное отражение по законам геометрической акустики (зеркальное отражение), частичное рассеяние (диффузное отражение), частичное проникновение звука в грунт и рассеяние его неоднородностями грунта. Исключительную роль здесь играет соотношение между длиной звуковой волны и высотой неровностей дна. Важно усвоить, что при наклонной локации морского дна проявляется эффект Доплера, который используется для построения доплеровских абсолютных лагов. Эхо-сигналы от дна носят случайный характер. Статистическая связь между такими сигналами, принятыми на разнесенные в днище антенны, и оцениваемые коэффициентом взаимной корреляции, позволяет строить абсолютные корреляционные лаги. При рассмотрении рассеяния звука поверхностью моря необходимо обратить внимание, что оно может приводить к потере энергии зондирующего сигнала. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [3, лекция 16].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. В чем заключается сложность процесса рассеяния звука морским дном?
2. Что такое параметр Рэля?
3. Как влияет на коэффициент рассеяния звука дном моря угол падения и частота волны?
4. Что такое эффект Доплера и как можно построить абсолютный гидроакустический доплеровский лаг?
5. Почему эхо-сигналы от дна моря носят случайный характер и как можно построить абсолютный корреляционный гидроакустический лаг?

Тема 5.1. Принципы гидролокации

Эхо-метод обнаружения подводных объектов и измерения расстояний до них, его разновидности. Методы определения направлений на обнаруженные подводные объекты. Методы обзора водного пространства.

Методические указания по изучению темы

Обнаружение подводных объектов и измерение расстояний до них осуществляются методом эхолокации (эхо-методом). При этом распространение получил импульсный эхо-метод, сущностью которого студент уже знаком по теме 1.1. Для измерения расстояний по импульсному эхо-методу прибегают к так называемым разверткам времени: механическим в самописцах и электронным - в многоперьевых самописцах и электронных индикаторах. Для определения направлений на обнаруженные объекты используют направленные свойства излучения и приема сигналов гидроакустическими антеннами. В рыболокации, где не требуется особой точности пеленгования, широко применяется метод пеленгования по максимуму эхо-сигнала.

Рассматривая методы обзора водного пространства, следует уяснить сущность метода последовательного обзора с двумя его разновидностями – шаговым и плавным и сущность одновременного обзора также с двумя его разновидностями: со сканированием диаграммы направленности при приеме и со сканированием диаграммы направленности при излучении. Для изучения темы рекомендуется учебное пособие [4, лекция 17] и книга [11].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Как будет выглядеть расчетная формула эхо-метода измерения расстояний при разнесенных излучающей и приемной антеннах ?
2. Что представляет собой устройство, называемое механической разверткой времени ?
3. Какие методы пеленгования применяют в рыболокаторах и какова их сущность ?
4. Что такое рыболокатор последовательного или прожекторного обзора ?
5. В чем заключаются сущности шагового и плавного последовательных обзоров ?
6. В чем заключаются преимущества и в чем недостатки рыболокаторов последовательного обзора ?
7. В чем заключается сущность одновременного обзора со сканированием приемной диаграммы направленности ?
8. В чем заключается сущность одновременного обзора со сканированием диаграммы направленности при излучении ?
9. Каковы преимущества и каковы недостатки разновидностей одновременного обзора ?

Тема 5.2. Принципы построения рыболокаторов последовательного обзора и эхолотов

Принцип работы рыболокатора вертикального поиска с самописцем. Принцип работы рыболокатора вертикального поиска с электронным индикатором. Понятие об индикаторах с цветным изображением сигналов и о самописцах с оперативным запоминающим устройством. Принцип работы рыболокатора вертикального поиска с многоперьевым самописцем. Принцип работы навигационного эхолота с цифровым индикатором. Принцип работы рыболокатора горизонтального поиска. Особенности изображения гидроакустической информации на эхограммах у рыболокатора горизонтального поиска.

Методические указания по изучению темы

Тема имеет непосредственное отношение к операторской деятельности судоводителя промыслового флота. Изучая тему, важно уяснить принципы отображения гидроакустической информации различными устройствами: самописцами с линейным движением пера, в том числе трехперьевой режим работы, режим работы с фазировкой, режим работы с ОЗУ; электронными индикаторами с линейной разверткой, в том числе режимы работы «Лупа», «Дно»; индикаторами с цветным изображением сигналов, в

том числе режим работы с расширенным диапазоном; цифровыми индикаторами. Необходимо обратить внимание на вертикальный и горизонтальный масштабы и связанные с ними искажения в эхотрассах на эхограммах. Изучая принцип работы рыболокаторов горизонтального поиска, следует уяснить особенности их эхограмм. Изучение темы рекомендуется по учебным пособиям [4, лекция 18] и книге [13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. От чего зависит вертикальный масштаб самописца с линейным движением пера ?
2. От чего зависит горизонтальный масштаб самописца ?
3. От чего зависит масштаб измерения расстояний у электронного индикатора с линейной разверткой ?
4. По какой причине эхотрассы рыбных косяков изображаются вытянутыми по вертикали на эхограммах самописцев и экранах электронных индикаторов с цветным изображением сигналов ?
5. Что такое фазирование диапазонов ? Для чего оно нужно ?
6. Что означает режим работы «Лупа» у электронного индикатора ?
7. Что такое режим работы «Дно» у электронного индикатора и за счет чего он создается ?
8. За счет чего изменяются диапазоны в самописцах с ОЗУ ?
9. Как изображаются эхотрассы косяков на эхограммах рыболокаторов горизонтального поиска ?

Тема 5.3. Принципы построения рыболокаторов одновременного обзора

Принцип работы рыболокатора кругового обзора с внутриимпульсным сканированием приемной диаграммы. Принцип работы рыболокатора секторного обзора с внутриимпульсным сканированием приемной диаграммы. Принцип работы рыболокатора со сканированием диаграммы при излучении.

Методические указания по изучению темы

Появление рыболокаторов одновременного обзора обусловлено недостатками рыболокаторов последовательного обзора (прожекторного типа): невозможность наблюдать за несколькими объектами, трудность слежения за объектом при быстром изменении курсового угла на него, потери эхоконтакта при рыскании судна на волнении. Изучая тему, уясните, что одновременный обзор может осуществляться двумя способами. Способ одновременного обзора с внутриимпульсным сканированием приемной

диаграммы заключается в том, что сначала облучается все водное пространство или часть его, а затем в антенне формируется узкая в плоскости обзора диаграмма, электронным путем быстро вращающаяся (сканирующая) вокруг антенны. Чтобы состоялся эхоконтакт с объектом, находящимся в зоне действия рыболокатора, скорость сканирования должна быть не менее такой, чтобы один оборот диаграммы при круговом обзоре или один проход ею заданного сектора при секторном обзоре осуществлялся за промежуток времени, не превышающий длительности зондирующего импульса.

Способ одновременного обзора со сканированием излучающей диаграммы заключается в том, что сначала в антенне формируется относительно узкая излучающая диаграмма, дискретно перемещающаяся на углы, не превышающие ее ширины. В каждое новое направление диаграмма переходит после того, как закончится цикл эхозондирования по предыдущему направлению. После того как будет облучено все водное пространство при круговом обзоре или часть его при секторном обзоре, в антенне формируется веер узких статических приемных диаграмм, через которые идет прием эхо-сигналов. Обратите внимание на недостатки, присущие и одновременному обзору: распыление излучаемой мощности и неполный прием энергии эхо-сигналов при сканировании приемной диаграммы, появление мертвых зон у судна при сканировании излучающей диаграммы. Для изучения темы следует воспользоваться учебным пособием [4, лекция 19] и книгой [13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. В чем заключаются недостатки последовательного обзора ?
2. В чем заключается принцип одновременного обзора с внутримпульсным сканированием приемной диаграммы ?
3. Какой смысл заключен в словах «внутримпульсное сканирование» при сканировании приемной диаграммы ?
4. В чем заключается принцип одновременного обзора со сканированием излучающей диаграммы ?
5. Каковы недостатки обзора со сканированием приемной диаграммы?
6. Каковы недостатки обзора со сканированием излучающей диаграммы ?

Тема 5.4. Принципы построения траловых зондов

Классификация траловых зондов. Принцип работы траловых зондов эхолокационного типа с кабельной линией связи. Принцип работы траловых зондов эхолокационного типа с гидроакустической линией связи.

Методические указания по изучению темы

Траловые зонды – это, по сути, рыболокаторы с вынесенными на трал антеннами, обычно закрепляемыми на верхней подборе трала. Следовательно, все расстояния на устройствах отображения информации у траловых зондов будут отсчитываться от верхней подборы трала. Необходимо обратить внимание на то, что зонды с кабельной линией связи могут быть как в виде автономных приборов, так и в виде приставок к рыболокаторам, в то время как зонды с гидроакустической линией связи всегда являются автономными приборами. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [4, лекция 20], а также по пособиям [8, 10] и книге [11].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Как классифицируются траловые зонды по методу получения информации ?
2. Как классифицируются траловые зонды по линиям связи траловой антенны с бортовой аппаратурой ?
4. Что будет означать нулевая линия на самописце тралового зонда ?
5. Как по эхограмме тралового зонда определить моменты изменения глубины погружения трала ?
6. Изобразите эхограмму тралового зонда с антенной на верхней подборе трала и с излучением ко дну моря за цикл траления при ровном (горизонтальном) дне.

Тема 5.5. Приемоусилительные тракты рыболокаторов, эхолотов и траловых зондов

Назначение усилительного тракта. Функциональная схема усилительного тракта. Работа ВАРУ. Амплитудные селекторы эхо-сигналов. Автоматическое изменение контрастности записи эхо-сигналов.

Методические указания по изучению темы

Изучая тему, обратите внимание на задачи, которые должен выполнять усилительный тракт: предварительное усиление эхо-сигналов, выделение полезного сигнала из фона шумовых помех, выделение полезного сигнала из фона реверберационных помех, отсечка эхо-сигнала от донной рыбы от эхо-сигнала от дна, выделение наиболее плотной части косяка. Знание функциональной схемы усилительного тракта важно с точки зрения чтения гидроакустической информации. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [4, лекция 21] и книге [13].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Почему требуется предварительное усиление эхо-сигналов ?
2. Какие устройства применяются в усилительном тракте для выделения полезных сигналов из фона шумовых помех ?
3. Как с помощью ВАРУ отсекается реверберационная помеха от полезных сигналов ?
4. Объясните, как с помощью амплитудного селектора «Белая линия» отсекается эхо-сигнал от донной рыбы, слившийся с эхо-сигналом от дна ?
6. При каком условии устройство автоматического изменения контрастности записи способно давать объективную оценку относительной плотности косяка ?

Тема 5.6. Расшифровка показаний рыболокаторов и траловых зондов.

Расшифровка эхограмм самописцев. Расшифровка показаний электронных индикаторов. Расшифровка показаний индикаторов с цветным изображением сигналов.

Методические указания по изучению темы

Прежде всего, необходимо уяснить причины искажений в отображении формы косяков и рельефа дна на эхограммах, затем выяснить особенности формирования эхотрасс от одиночных рыб и рыбных косяков. Необходимо иметь в виду, что эти же причины вызывают те же искажения и на электронных эхограммах у индикаторов с цветным изображением эхо-сигналов. Обратите внимание на преимущества индикаторов с цветным изображением эхо-сигналов по части обнаружения донной рыбы и определения плотностной структуры косяка по цветовой гамме эхотрассы и на преимущества электронных индикаторов, по амплитуде и форме отметок также позволяющих судить о структуре косяка. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [4, лекция 22], а также по пособиям [5, 9].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Почему эхотрассы одиночных рыб изображаются на эхограммах в виде галочек, вершиной ориентированных к нулевой линии ?
2. Могут ли два одинаковых косяка иметь различные эхотрассы на эхограмме, если один из них расположен на малой глубине, а другой - на большой ?
3. По каким признакам можно судить о наличии донной рыбы по эхограмме самописца ?
4. По каким признакам можно судить о структуре косяка по отметкам на экране электронного индикатора с линейной разверткой ?

5. По каким признакам можно судить о положении ядра косяка при работе устройства АИК ?

6. По каким признакам можно судить о положении ядра косяка при использовании индикатора с цветным изображением сигналов ?

7. Как будет выглядеть эхотрасса косяка при обнаружении его рыболокатором горизонтального поиска с последовательным обзором ?

Тема 5.7. Дальность действия гидроакустических средств

Помехи в рыболокации. Выделение полезных сигналов на фоне помех. Коэффициент распознавания. Коэффициент надежности приема. Уравнение дальности. Интенсивность эхо-сигнала от подводного объекта. Энергетическая дальность действия рыболокатора. Анализ путей повышения энергетической дальности действия.

Методические указания по изучению темы

Выделение полезного сигнала на фоне помех с заданной вероятностью возможно лишь при некотором минимальном отношении звукового давления сигнала к звуковому давлению помех, которое называется коэффициентом распознавания. От коэффициента распознавания, вспомнив, как звуковое давление связано с интенсивностью звука, следует перейти к минимально необходимому отношению интенсивностей и получить уравнение дальности. Это уравнение, при подстановке в него интенсивности эхо-сигнала, выраженной через расстояние до объекта, позволяет получить уравнение для расчета энергетической дальности действия. В заключение темы следует проанализировать пути повышения дальности действия, вскрывая причинно-следственные связи, возникающие на том или ином пути повышения дальности действия. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [4, лекция 24].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется коэффициентом распознавания ?
2. Что такое уравнение дальности и почему оно так называется ?
3. Что такое коэффициент надежности приема ?
4. Как интенсивность эхо-сигнала связана с расстоянием до объекта ?
3. Чем ограничивается излучаемая мощность ?

Тема. 5.8. Разрешающая способность рыболокатора

Полярная диаграмма дальности действия. Разрешающая способность по расстоянию. Разрешающая способность по направлению. Пути повышения разрешающей способности.

Методические указания по изучению темы

Прежде всего, необходимо познакомиться с таким понятием, как полярная диаграмма дальности обнаружения рыболокатора, с которым связаны вопросы расчета как разрешающей способности по расстоянию – минимального расстояния, при котором два объекта, расположенные на одном пеленге, регистрируются еще раздельно, так и разрешающей способности по направлению – минимального расстояния между двумя объектами, лежащими на разных пеленгах и одинаковых расстояниях, при котором они регистрируются еще раздельно. Следует уяснить, что разрешающая способность для протяженных объектов и по расстоянию, и по направлению зависит от расстояния до них, но разрешающая способность по расстоянию для точечных объектов от расстояния не зависит. В заключение темы необходимо выяснить пути повышения разрешающей способности и иметь в виду, что разрешающая способность рыболокаторов для протяженных объектов невысока, в связи с чем часто эхо-сигналы от донных косяков сливаются с эхо-сигналами от дна и требуется применение амплитудных селекторов для их разделения. Изучение темы рекомендуется по учебному пособию [4, лекция 25] и книге [11].

Вопросы для самоконтроля усвоения материала

1. Что называется полярной диаграммой дальности обнаружения ?
2. Что называется разрешающей способностью по расстоянию ?
3. Что называется разрешающей способностью по направлению ?
4. На каком минимальном расстоянии от антенны может регистрироваться точечный объект ?
5. Одинакова ли разрешающая способность рыболокатора для одних и тех же пар объектов на различных расстояниях ?

5. ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

5.1. Состав задач и выбор варианта контрольной работы

Контрольная работа заключается в решении задач, относящихся к программе дисциплины. Каждый вариант контрольной работы содержит пять задач. Вариант контрольной работы выбирается из Приложения I по последним двум цифрам шифра (номера зачетной книжки студента-заочника). В клеточке на пересечении строки таблицы, номер которой относится к предпоследней цифре шифра, со столбцом, номер которого относится к последней цифре шифра, проставлены номер варианта и номера

задач, составляющих контрольную работу (см. подраздел 5.2). Контрольная работа, выполненная по варианту, не соответствующему шифру заочника, к рецензированию не принимается. После рецензирования, если контрольная работа не допущена к защите, заочник должен уяснить замечания, осознать и исправить ошибки и выслать контрольную работу на повторное рецензирование. Зачет по контрольной работе ставится после собеседования с преподавателем, на котором студент обязан продемонстрировать понимание сущности задач контрольной работы и ответить на вопросы по теме задач.

5.2. Содержание задач контрольной работы

1. Определить расстояние до источника сферических волн в море, если при измерениях оказалось, что изменения колебательной скорости на $1,3^0$ отстают от изменений звукового давления, а период волны составляет 1 мс.

2. Вычислить интенсивность шумового поля судна, образовавшегося в точке наблюдения в результате суперпозиции пяти некогерентных волн, имеющих эффективные значения звуковых давлений 0,18 Па; 0,8 Па; 0,3 Па; 0,5 Па и 0,1 Па.

3. Вычислить интенсивность звукового поля, образовавшегося на приемной антенне тралового зонда, если от тралового устройства на нее по гидроакустической линии связи пришла волна по кратчайшему пути и волна с отражением от поверхности моря, при этом линия связи работает на частоте 30 кГц, а разность расстояний, пройденных волнами, составила 10 м.

4. Найти расстояние до источника сферических волн в море, если при измерениях оказалось, что отношение эффективного значения звукового давления к эффективному значению колебательной скорости составило $1,4 \cdot 10^6$ кг с/м³, а частота волны равна 2 кГц.

5. Найти расстояние до источника сферических волн в море, если волновое сопротивление их в месте приема оказалось на 5% меньше волнового сопротивления для плоских волн, а частота волны равна 1,5 кГц.

6. Вычислить, во сколько раз скорость звука в первой среде больше или меньше скорости звука во второй среде, если плотность первой среды в 3,1 раза больше плотности второй среды, а модуль объемной упругости первой среды в 2,9 раза больше модуля объемной упругости второй среды.

7. Найти, чему равно волновое сопротивление среды для плоской волны, имеющей частоту 1,5 кГц, если при измерениях оказалось, что эффективное значение звукового давления равно 1,5 Па, а амплитуда смещения частиц была $1,4 \cdot 10^{-8}$ см.

8. Вычислить, каким будет сдвиг по фазе между звуковым давлением и колебательной скоростью в сферической волне на расстоянии в три длины волны от источника.

9. Вычислить, чему будет равна частота звуковой волны, распространяющейся в море, если ее фаза при распространении на 1 м изменилась на 1 рад.

10. Чему будет равно волновое число для волны, у которой набег фазы составляет $5,73^\circ$ при распространении волны на расстояние, равное 0,1 м?

11. Вычислить, смогут ли 1500 курсантов БГА РФ, разговаривая непрерывно в течение часа, выработать звуковой энергии столько, чтобы ее хватило на нагрев чашки воды объемом 100 мл от 20°C до 100°C , если отдельный курсант обладает мощностью разговора 20 мкВт.

12. Вычислить интенсивность результирующей звуковой волны, образовавшейся в результате суперпозиции десяти некогерентных волн, амплитуда звукового давления каждой из которых на 40 дБ превышает порог слышимости.

13. Вычислить скорость звука в среде, если при измерениях оказалось, что в стоячей волне в этой среде пучности звукового давления отстоят друг от друга на расстоянии 7,5 см при частоте волны 20 кГц.

14. Вычислить волновое сопротивление среды для плоских волн, если плотность среды равна 1000 кг/м^3 , а модуль объемной упругости среды равен $2 \cdot 10^{10} \text{ г/см} \cdot \text{с}^{-2}$.

15. Определить, на каком расстоянии от источника в море находится звукоприемная установка, если она фиксирует волну с частотой 1,0 кГц, у которой колебательная скорость отстает по фазе на 5° от звукового давления.

16. Вычислить волновое сопротивление среды для плоских волн, если плотность среды равна $1,25 \text{ кг/м}^3$, а коэффициент сжимаемости равен $7,5 \cdot 10^{-7} \text{ см} \cdot \text{с}^2 / \text{г}$.

17. Вычислить амплитуду акустической плотности звуковой волны в морской воде, если амплитуда смещения частиц составляет $5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ при частоте волны 15 кГц.

18. Вычислить коэффициент сжимаемости среды, если плотность ее составляет 1000 кг/м^3 , а из измерений получено, что длина звуковой волны при частоте 10 кГц равна 15 см.

19. Найти, какой была длина волны, если замечено, что при прохождении волной расстояния 0,1 м приращение фазы волны составило 0,1 рад.

20. Определить, во сколько раз волновое сопротивление воды превышает волновое сопротивление воздуха, если известно, что плотность воздуха в 833,3 раза меньше плотности воды, а коэффициент сжимаемости воздуха в $1,52 \cdot 10^4$ раза больше коэффициента сжимаемости воды.

21. Определить, на сколько децибел из-за геометрического затухания уменьшилась интенсивность сферической звуковой волны в море по сравнению с интенсивностью на расстоянии 1 м от источника, если в точке приема сдвиг по фазе между колебательной скоростью и звуковым давлением составил 1° , а частота волны была 100 Гц.

22. Выяснить, какова должна быть мощность источника сферических волн в море, чтобы на расстоянии 1 км создавать звуковое давление, амплитуда которого на 60 дБ превышала бы порог, равный 0,01 Па (физическим затуханием в задаче пренебречь).

23. Выяснить, какому расстоянию в море соответствовало бы расстояние до стенки, равное 5 м и фиксируемое на эхограмме самописца эхолота в лаборатории ГАПП, если известно, что плотность воды в 833,3 раза больше плотности воздуха, а коэффициент сжимаемости воздуха в $1,52 \cdot 10^4$ раза меньше коэффициента сжимаемости воздуха.

24. Найти, чему равна скорость звука в среде, если волновое число равно $0,5 \text{ м}^{-1}$, а период волны равен 8,37 мс.

25. Вычислить скорость звука в среде, если набег фазы волны на расстоянии 1 см составляет 350° , а частота равна 150 кГц.

26. Выяснить законы изменения звукового давления, колебательной скорости и смещения частиц в звуковой волне, потенциал скорости в которой описывается зависимостью $\varphi = (\Phi/r)\cos(\omega t - kr)$, где Φ - постоянная величина, r - расстояние, пройденное волной, ω - круговая частота волны, t - время, k - волновое число.

27. Определить, какова была скорость звука в жидкости, налитой в в трубу длиной 15 см с акустически жесткими торцами, если при образовании стоячей волны в ней наблюдалось два узла звукового давления при частоте волны 20 кГц.

28. Выяснить, во сколько раз на одной и той же частоте амплитуда смещения частиц в воде будет больше амплитуды смещения частиц в воздухе, если и в воде и в воздухе источник звука создает одно и тоже звуковое давление.

29. Выяснить, какова должна быть мощность источника сферических волн в море, чтобы на расстоянии 1 км создавать звуковое давление, амплитуда которого на 60 дБ превышала бы порог слышимости (физическим затуханием в задаче пренебречь).

30. Определить, каково будет эффективное значение звукового давления на расстоянии 1 км от источника сферических волн в море, если акустическая мощность источника равна 100 Вт (физическим затуханием в задаче пренебречь).

31. Определить модуль волнового сопротивления среды, если известно, что волна на частоте 150 кГц имела амплитуду звукового давления 15 Па, а амплитуда смещения частиц составляла 10^{-12} м.

32. Найти, на сколько децибел на октаву спадает звуковое давление шумового поля судна, если спектральная плотность интенсивности его описывается функцией $J(f) = af^2$ где a – некоторая размерная постоянная, f – частота.

33. Вычислить эффективное значение звукового давления падающей на дно моря звуковой волны, если коэффициент преломления по интенсивности равен 36%, а интенсивность отраженной волны равна 10^{-2} Вт/см².

34. Определить, на сколько децибел на октаву спадает звуковое давление шумового поля судна, если спектральная плотность звукового давления описывается функцией $p(f) = af^{2.5}$, где a – некоторая размерная постоянная, f – частота.

35. Вычислить интенсивность падающей на морское дно звуковой волны, если интенсивность преломленной волны равна $4 \cdot 10^{-10}$ Вт/м², а амплитуда звукового давления отраженной волны равна 0,3 Па.

36. Найти коэффициент отражения звуковой энергии от границы раздела двух сред, если угол падения волны равен 20° , волновое сопротивление первой среды в 10 раз меньше волнового сопротивления второй среды, а скорость звука в первой среде в 4 раза меньше скорости звука во второй среде.

37. Найти, какое звуковое давление в октавной полосе частот будет иметь звуковое поле в море, если спектральная плотность интенсивности его подчиняется закону $J(f) = 6 \cdot 10^{-4} f^2$, а центральная частота октавы равна 20 кГц.

38. Вычислить, каким будет коэффициент отражения по энергии от песчаного морского дна при нормальном падении волны, если скорость звука в песчаном грунте на 20% больше скорости звука в воде, а плотность песчаного грунта в 2 раза больше плотности воды.

39. Выяснить, на сколько децибел относительно порога слышимости спадет звуковое давление гидроакустического шума, воспринимаемого сферическим широкополосным приемником на частоте 30 кГц по сравнению с частотой 20 кГц, если спектральная плотность интенсивности этого шума описывается выражением $J(f) = af^2$, где $a = 8 \cdot 10^{-5}$ ВтГц/м².

40. Найти, на сколько децибел на октаву спадает интенсивность шумового поля судна, если спектральная плотность интенсивности его описывается функцией $J(f) = af^3$ где a – некоторая размерная постоянная, f – частота.

41. Определить угол падения, начиная с которого вся падающая на гладкое гранитное морское дно звуковая энергия будет отражаться от него, если известно, что волновое сопротивление морской воды в 13 раз меньше волнового сопротивления гранитного дна, а плотность гранитного дна в 7 раз превышает плотность воды.

42. Определить коэффициент преломления звуковой волны по энергии, если известно, что на границу раздела сред волна падала с амплитудой

звукового давления 10,4 Па, а отраженная от границы раздела волна имела амплитуду звукового давления 5,2 Па.

43. Вычислить коэффициент отражения от границы раздела морская вода - воздух для звуковой волны, падающей под углом $13,3^\circ$ по отношению к нормали к границе раздела. Сделать заключение по существу задачи.

44. Определить, на сколько децибел звуковое давление отраженной волны меньше звукового давления падающей волны, если интенсивность преломленной волны на 10 дБ меньше интенсивности падающей волны.

45. Определить, на сколько децибел звуковое давление отраженной волны будет меньше звукового давления падающей волны, если коэффициент преломления по интенсивности равен 0,19.

46. Вычислить коэффициент отражения по интенсивности, если известно, что звуковое давление отраженной волны на 60% меньше звукового давления падающей волны.

47. Найти угол падения звукового луча на n -й слой среды, если угол падения в первом слое составляет 30° , а скорость звука в n -м слое в 1,1 раза больше скорости звука в первом слое.

48. Вычислить, на сколько децибел будет ниже уровень звукового давления шумовой помехи у высокочастотного ненаправленного гидрофона (рабочая частота 135 кГц) по сравнению с таким же, но низкочастотным гидрофоном (рабочая частота 20 кГц), если спектральная плотность интенсивности шумового поля судна описывается функцией $J(f) = 6 \cdot 10 f^{-2}$ Вт/м² Гц, а полосы пропускания частот гидрофонов одинаковы и равны 2 кГц.

49. Найти, какова была интенсивность падающей на морское дно звуковой волны, если коэффициент преломления по энергии равен 0,64, а эффективное значение звукового давления отраженной волны на 40 дБ было ниже уровня 0,1 Па.

50. Выяснить, под каким углом падения будет распространяться звуковой луч в j -том слое среды, если в i -том слое он распространяется под углом падения 20° , а скорость звука в j -том слое на 6% была меньше скорости звука в i -том слое.

51. Найти, на сколько децибел на октаву снижается интенсивность шума, если спектральная плотность звукового давления его подчиняется закону $p(f) = b/f^m$, где f - частота, b - размерная постоянная.

52. Определить, какую амплитуду звукового давления имела падающая на морское дно волна, если интенсивность отраженной волны была 10^{-14} Вт/м², а коэффициент преломления по интенсивности равен 0,9.

53. Выяснить, возможно ли полное внутреннее отражение от илистого грунта глубоководной впадины в море, если волновое сопротивление грунта составляет $1,55 \cdot 10^6$ кг/м² с, а скорость звука на дне равна 1615 м/с.

54. Вычислить, на какой глубине звуковой луч претерпит полное внутреннее отражение, если с поверхности моря он излучен под углом падения 30° , а скорость звука от значения 1470 м/с на поверхности через каждые 10 м глубины возрастает на 0,2 м/с.

55. Найти, какая часть энергии зондирующего импульса эхолота отразится от морского дна, если плотность грунта дна равна $1,65 \text{ г/см}^3$, а скорость звука в грунте составляет 1700 м/с.

56. Выяснить, какое отношение сигнал/помеха (отношение звукового давления сигнала к звуковому давлению помехи) будет на выходе сферической антенны, имеющей полосу пропускания частот от 21 до 23 кГц, если спектральная плотность интенсивности сигнала постоянна и равна 10^{-6} Вт/Гцм^2 , а спектральная плотность интенсивности помехи составляет $10^{-4}/f^2 \text{ Вт/Гцм}^2$, где f - частота.

57. Вычислить угол падения волны на гладкое песчаное морское дно, начиная с которого вся падающая на дно энергия будет полностью отражаться от дна, если известно, что отношение волновых сопротивлений песчаного грунта дна и морской воды равно 2,75, а плотность песчаного грунта в 2,5 раза превышает плотность морской воды.

58. Найти, какое звуковое давление в октавной полосе частот будет иметь звуковое поле в море, если спектральная плотность интенсивности его подчиняется зависимости $J(f) = af^2$, где $a = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/Гцм}^2$, а центральная частота октавы равна 20 кГц.

59. Вычислить коэффициент преломления звуковой волны по интенсивности на границе раздела сред, если известно, что звуковое давление отраженной волны составляет 60% от звукового давления падающей волны.

60. Выяснить, какое отношение сигнал/помеха (отношение звукового давления сигнала к звуковому давлению помехи) будет на выходе сферической антенны, имеющей полосу пропускания частот от 19 кГц до 21 кГц, если спектральная плотность интенсивности помехи постоянна и равна 10^{-4} Вт/Гцм^2 , а спектральная плотность интенсивности сигнала составляет $10^{-12}/f^2 \text{ Вт/Гцм}^2$, где f - частота.

61. Найти, на сколько децибел на октаву спадает интенсивность шумового поля судна, если спектральная плотность интенсивности его описывается функцией $J(f) = af^3$, где a - некоторая размерная постоянная, f - частота.

62. Вычислить интенсивность падающей на дно моря звуковой волны, если интенсивность преломленной волны равна $4 \cdot 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, а амплитуда звукового давления отраженной волны составляет 0,3 Па.

63. Определить, какое напряжение разовьет в море поршневая одноэлементная антенна в виде круглого диска, если она имеет коэффициент осевой концентрации, равный 100, чувствительность, равную 250 мкВ/Па, рабочую площадь, равную 314 см^2 , и на нее по направлению 15°

относительно акустической оси падает звуковая волна с интенсивностью 10^{-14} Вт/м².

64. Выяснить, эффективно ли будет возбуждаться импульсом напряжения длительностью 0,1 мс гидроакустическая антенна с рабочей частотой 20 кГц, обладающая добротностью колебательной системы, равной 10.

65. Определить, по какому направлению относительно акустической оси антенны интенсивность излучения спадает на 10% относительно интенсивности излучения по этой оси, если антенна работает на частоте 50 кГц в морской воде и имеет радиус рабочей поверхности 10 см.

66. Определить, по какому направлению относительно акустической оси антенны излучаемое звуковое давление спадает на 10% относительно звукового давления, излучаемого по этой оси, если антенна работает на частоте 50 кГц в морской воде и имеет радиус рабочей поверхности 10 см.

67. Определить, на сколько процентов спадет амплитуда звукового давления, создаваемого антенной в море, если излучение рассматривать по направлению 15° относительно акустической оси; при этом антенна имеет радиус рабочей поверхности 10 см и работает на частоте 50 кГц.

68. Вычислить коэффициент осевой концентрации антенны в виде круглого диска, если она работает в море, имеет рабочую частоту 150 кГц и ширину диаграммы направленности по нулевому уровню, равную 30° .

69. Чему была равна акустическая мощность антенны эхолота, работающего на частоте 150 кГц, если ширина диаграммы направленности антенны на нулевом уровне равна 30° и на расстоянии 100 м от днища судна создается эффективное звуковое давление, равное 1 Па.

70. Найти, чему будет равна амплитуда звукового давления зондирующего сигнала рыболокатора на расстоянии 1 км от антенны, имеющей форму круглого диска радиусом 12 см, рабочую частоту 30 кГц и излучаемую акустическую мощность 300 Вт.

71. Вычислить, какую чувствительность имеет гидроакустическая антенна в виде диска радиусом 13 см, имеющая коэффициент осевой концентрации, равный 120, если при падении на нее эхо-сигнала по направлению 12° относительно акустической оси на выходе антенны развивается эффективное значение напряжения, равное 5 мВ.

72. Определить, чему будет равно звуковое давление, создаваемое в море антенной в виде круглого диска на расстоянии 1 км, если рабочая частота антенны равна 150 кГц, излучаемая акустическая мощность равна 100 Вт, а ширина диаграммы направленности по нулевому уровню составляет 20° .

73. Определить, чему равна чувствительность антенны, работающей в море, если на нее по акустической оси падает звуковой сигнал с интенсивностью, равной 10^{-12} Вт/м², а на вход усилителя с антенны поступает напряжение, эффективное значение которого составляет 10 мкВ.

74. Вычислить, чему равен коэффициент осевой концентрации антенны рыболокатора, если при мощности излучения 100 Вт на частоте 25 кГц в расстоянии 1 км создается эффективное звуковое давление, равное 10 Па.

75. Рассчитать, какова должна быть дискретность фазовых задержек колебаний ненаправленных элементов линейной антенны в море, для того чтобы акустическая ось антенны была направлена под углом 30° относительно нормали к рабочей поверхности, если между центрами элементов, резонирующих на частоте 30 кГц, расстояния равны 5 см.

76. Найти, на сколько децибел снизится интенсивность изотропной шумовой помехи, воспринимаемой в море антенной в виде круглого диска при переходе с широкой диаграммы направленности, равной 28° на нулевом уровне, на узкую, равную 6° на том же уровне.

77. Найти, во сколько раз направленная антенна в виде круглого диска радиусом 10 см, работающая на частоте 15 кГц в море, выдаст меньше напряжения изотропной шумовой помехи по сравнению с ненаправленной антенной той же чувствительности на той же частоте и имеющей ту же полосу пропускания частот, что и направленная антенна.

78. Выяснить, возможна ли маскировка напряжения эхо-сигнала собственным напряжением шума предварительного усилителя рыболокатора, составляющего эффективное значение 2 мкВ, если на антенну, имеющую чувствительность 100 мкВ/Па, действует эхо-сигнал с интенсивностью $4 \cdot 10^{-12}$ Вт/м².

79. Определить, какой диаметр имела антенна рыболокатора, если на частоте 50 кГц ширина диаграммы направленности у нее по уровню 0,7 составляла 14° .

80. Выяснить, каким должно быть распределение фаз колебаний по элементам многоэлементной антенны рыболокатора, для того чтобы акустическая ось антенны повернулась на угол 30° относительно нормали к рабочей поверхности, если между центрами элементов, резонирующих на частоте 30 кГц, расстояния равны 7,5 см.

81. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны на уровне 0,707 по давлению – это то же самое, что ширина диаграммы направленности по интенсивности на уровне 0,5.

82. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны на уровне 0,5 по интенсивности – это то же самое, что ширина диаграммы направленности по давлению на уровне 0,707.

83. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны на уровне 0,707 по давлению, равно как и ширина диаграммы направленности по интенсивности на уровне 0,5, – это то же самое, что ширина диаграммы направленности на уровне -3дБ.

84. Чему равен коэффициент осевой концентрации направленной антенны, если она на выходе своем выдает напряжение изотропной шумовой

помехи в 450 раз меньшее по сравнению с напряжением той же помехи, выдаваемой ненаправленной антенной, если полосы пропускания частот у этих антенн одинаковы, но чувствительность направленной антенны в три раза выше чувствительности ненаправленной антенны.

85. Выяснить, какому уровню по энергии соответствует уровень 0,707 по давлению, принимаемый для расчета эффективной (действующей) ширины диаграммы направленности антенны.

86. Выяснить, эффективно ли будет возбуждаться импульсом напряжения длительностью 0,1 мс гидроакустическая антенна с рабочей частотой 20 кГц, обладающая добротностью колебательной системы, равной 10.

87. Определить, какое напряжение разовьет в море поршневая одноэлементная антенна в виде круглого диска, если она имеет коэффициент осевой концентрации, равный 100, чувствительность, равную 250 мкВ/Па, рабочую площадь, равную 314 см², и на нее по направлению 15° относительно акустической оси падет звуковая волна с интенсивностью 10⁻¹² Вт/м².

88. Вычислить коэффициент осевой концентрации антенны в виде круглого диска, если она работает в море, имеет рабочую частоту 150 кГц и ширину диаграммы направленности по нулевому уровню, равную 30°.

89. Чему была равна акустическая мощность антенны эхолота, работающего на частоте 150 кГц, если ширина диаграммы направленности антенны на нулевом уровне равна 30° и на расстоянии 100 м от днища судна создавалось эффективное звуковое давление, равное 1 Па.

90. Найти, чему будет равна амплитуда звукового давления зондирующего сигнала рыболокатора на расстоянии 1 км от антенны, имеющей форму круглого диска радиусом 12 см, рабочую частоту 30 кГц и излучаемую акустическую мощность 300 Вт.

91. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны на уровне 0,707 по давлению, равно как и ширина диаграммы направленности по интенсивности на уровне 0,5, – это то же самое, что ширина диаграммы направленности на уровне -3дБ.

92. Выяснить, возможна ли маскировка напряжения эхо-сигнала собственным напряжением шума предварительного усилителя рыболокатора, составляющего эффективное значение 2 мкВ, если на антенну, имеющую чувствительность 100 мкВ/Па, действует эхо-сигнал с интенсивностью 4·10⁻¹⁴ Вт/м².

93. Чему равен коэффициент осевой концентрации направленной антенны, если она на выходе своем выдает напряжение изотропной шумовой помехи в 350 раз меньшее по сравнению с напряжением той же помехи, выдаваемой ненаправленной антенной, если полосы пропускания частот у этих антенн одинаковы, но чувствительность направленной антенны в 3,5 раза выше чувствительности ненаправленной антенны.

94. Найти градиент скорости звука на глубине $h = 150$ м, если известно, что скорость звука изменяется с ростом глубины по закону

$$c(h) = c \exp(-ah),$$

где $c = 1485$ м/с – скорость звука на поверхности моря, $a = 0,002$ м⁻¹.

95. Доказать, что коэффициент осевой концентрации антенны рыболокатора окажется меньше, если судно из Баренцева моря перешло работать в Бенгальский залив.

96. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны эхолота окажется уже, если судно из Красного моря перейдет в Балтийское.

97. Выяснить, возможно ли обнаружение подводного объекта, находящегося на глубине 350 м, рыболокатором горизонтального поиска при угле наклона антенны, равном 15° , и ширине диаграммы направленности в вертикальной плоскости, равной 14° , если скорость звука под днищем судна составляет 1495 м/с, а градиент скорости звука равен $-0,02$ с⁻¹.

98. Вычислить, чему будет равен градиент скорости звука на глубине $h = 150$ м, если скорость звука зависит от глубины по закону

$$c(h) = 1470 \text{ м/с} + a \exp(-bh),$$

где $a = 2$ м/с, а $b = 0,02$ м⁻¹.

99. Вычислить скорость звука на глубине 350 м, если известно, что на поверхности моря скорость звука равна 1465 м/с, а градиент скорости звука зависит от глубины h по закону $0,04 \text{ м/с} \exp(0,008 \text{ м}^{-1} h)$, где глубина h берется в метрах.

100. Выяснить, до какого горизонта заглубится звуковой луч, излученный под углом скольжения 15° с поверхности моря, если распределение скорости звука по глубине h подчинено зависимости $c = 1570 \text{ м/с} + 0,03 \text{ с}^{-1} h$, где глубина берется в метрах.

101. Вычислить горизонтальную дистанцию до объекта, обнаруженного на наклонном расстоянии 1500 м при угле наклона антенны рыболокатора 15° , если скорость звука в месте расположения антенны равна 1510 м/с, а градиент скорости звука составляет $-0,015$ с⁻¹.

102. Найти градиент скорости звука на глубине $h = 1000$ м, если распределение скорости звука по глубине моря подчинено закону

$$c(h) = 1500 \text{ м/с} - (a/b) \ln[\cos(bh)],$$

где $a = 0,05$ с⁻¹, $b = 0,001$ м⁻¹.

103. Вычислить радиус кривизны траектории звукового луча, излученного горизонтально с поверхности моря, где скорость звука равна 1475 м/с, а соленость и температура воды в результате вертикальной конвекции выравнены по всей глубине моря.

104. Определить скорость звука на глубине $h = 1000$ м, если градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \operatorname{tg}(bh),$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05$ с⁻¹ и $0,001$ м⁻¹.

105. Рассчитать, под каким углом скольжения будет распространяться звуковой луч на глубине 1000 м, если он излучен под углом скольжения 15° с поверхности моря, где скорость звука равна 1515 м/с, а градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \operatorname{tg}(bh),$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05 \text{ с}^{-1}$ и $0,001 \text{ м}^{-1}$.

106. Вычислить горизонтальное расстояние до объекта, обнаруженного на наклонной дистанции 1,5 км при угле наклона антенны 10° , если в месте расположения антенны скорость звука равна 1500 м/с и через каждые 10 м глубины она убывает на 0,2 м/с.

107. Определить геометрическую дальность действия гидроакустической линии связи, если передатчик у нее расположен на глубине 25 м, а приемник на глубине 100 м, при этом скорость звука в месте расположения передатчика равна 1460 м/с, вертикальный градиент скорости звука равен $0,05 \text{ с}^{-1}$.

108. Рассчитать, под каким углом скольжения будет распространяться звуковой луч на глубине 1000 м, если он излучен под углом скольжения 30° с поверхности моря, где скорость звука равна 1470 м/с, а градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \sin(bh),$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05 \text{ с}^{-1}$ и $0,00314 \text{ м}^{-1}$.

109. Вычислить погрешность измерения глубины эхолотом, если в месте расположения антенны скорость звука равна 1515 м/с, градиент скорости звука равен $-0,05 \text{ с}^{-1}$, истинная глубина равна 710 м, а расчетная скорость звука для этого эхолота принята равной 1500 м/с.

110. Вычислить радиус кривизны и координаты центра траектории звукового луча, излученного с поверхности моря под углом скольжения 5° , если скорость звука $c(h)$ зависит от глубины h по закону

$$c(h) = 1470 \text{ м/с} + 0,03 \text{ с}^{-1} h.$$

111. Вычислить погрешность расчета глубины нахождения объекта по данным рыболокатора горизонтального поиска, если объект обнаружен на наклонной дистанции 1250 м при угле наклона антенны 6° , а скорость звука $c(h)$ распределена по глубине h согласно зависимости

$$c(h) = 1498,5 \text{ м/с} + 0,035 \text{ с}^{-1} h.$$

При этом осадка судна была 6 м и антенна выпущена за днище судна на 1 м.

112. Определить, на каком расстоянии от источника звуковой луч, излученный под углом скольжения 15° с поверхности моря, где скорость звука равна 1471 м/с, снова выйдет к поверхности моря, если градиент скорости звука равен $0,075 \text{ с}^{-1}$.

113. Выяснить, на какой глубине находился подводный объект, если он обнаружен рыболокатором на наклонном расстоянии 1,42 км при угле

наклона антенны 8° , скорость звука в месте расположения антенны равна 1499 м/с , а градиент скорости звука составляет $-0,08 \text{ с}^{-1}$.

114. Найти градиент скорости звука на глубине $h = 100 \text{ м}$, если известно, что скорость звука изменяется с ростом глубины по закону

$$c(h) = c \exp(-ah),$$

где $c = 1485 \text{ м/с}$ – скорость звука на поверхности моря, $a = 0,002 \text{ м}^{-1}$.

115. Доказать, что коэффициент осевой концентрации антенны рыболокатора окажется меньше, если судно из Северного моря перейдет работать в Гвинейский залив.

116. Доказать, что ширина диаграммы направленности антенны эхолота окажется уже, если судно из Красного моря перейдет в Баренцево море.

117. Выяснить, возможно ли обнаружение подводного объекта, находящегося на глубине 300 м , рыболокатором горизонтального поиска при наклоне антенны, равном 12° , и ширине диаграммы направленности в вертикальной плоскости, равной 14° , если скорость звука под днищем судна составляет 1485 м/с , а градиент скорости звука равен $-0,02 \text{ с}^{-1}$.

118. Вычислить, чему будет равен градиент скорости звука на глубине $h = 130 \text{ м}$, если скорость звука зависит от глубины по закону

$$c(h) = 1470 \text{ м/с} + a \exp(-bh),$$

где $a = 2 \text{ м/с}$, $b = 0,02 \text{ м}^{-1}$.

119. Вычислить скорость звука на глубине 300 м , если известно, что на поверхности моря скорость звука равна 1465 м/с , а градиент скорости звука зависит от глубины по закону $0,04 \text{ с}^{-1} \exp(0,008 \text{ м}^{-1} h)$, где глубина h берется в метрах.

120. Выяснить, до какого горизонта заглубится звуковой луч, излученный под углом скольжения 15° с поверхности моря, если распределение скорости звука по глубине h подчинено зависимости $c = 1570 \text{ м/с} + 0,03 \text{ с}^{-1} h$, где глубина берется в метрах.

121. Вычислить горизонтальную дистанцию до объекта, обнаруженного на наклонном расстоянии 1500 м при угле наклона антенны рыболокатора 15° , если скорость звука в месте расположения антенны равна 1510 м/с , а градиент скорости звука составляет $-0,015 \text{ с}$.

122. Найти градиент скорости звука на глубине $h = 1000 \text{ м}$, если распределение скорости звука по глубине моря подчинено закону

$$c(h) = 1500 \text{ м/с} - (a/b) \ln[\cos(bh)],$$

где $a = 0,05 \text{ с}^{-1}$, $b = 0,001 \text{ м}^{-1}$.

123. Вычислить радиус кривизны траектории звукового луча, излученного горизонтально с поверхности моря, где скорость звука равна 1475 м/с , а соленость и температура воды в результате вертикальной конвекции выравнены по всей глубине моря.

124. Определить скорость звука на глубине $h = 1000 \text{ м}$, если градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \operatorname{tg}(bh).$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05 \text{ с}^{-1}$ и $0,001 \text{ м}^{-1}$.

125. Рассчитать, под каким углом скольжения будет распространяться звуковой луч на глубине 1000 м, если он излучен под углом скольжения 15° с поверхности моря, где скорость звука равна 1515 м/с, а градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \operatorname{tg}(bh),$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05 \text{ с}^{-1}$ и $0,001 \text{ м}^{-1}$.

126. Вычислить горизонтальное расстояние до объекта, обнаруженного на наклонной дистанции 1,5 км при угле наклона антенны 10° , если в месте расположения антенны скорость звука равна 1500 м/с и через каждые 10 м глубины она убывает на 0,2 м/с.

127. Определить геометрическую дальность действия гидроакустической линии связи, если передатчик у нее расположен на глубине 25 м, а приемник - на глубине 100 м, при этом скорость звука в месте расположения передатчика равна 1460 м/с, а вертикальный градиент скорости звука - $0,05 \text{ с}^{-1}$.

128. Рассчитать, под каким углом скольжения будет распространяться звуковой луч на глубине 1000 м, если он излучен под углом скольжения 30° с поверхности моря, где скорость звука равна 1470 м/с, а градиент скорости звука изменяется с ростом глубины по закону

$$g(h) = -a \sin(bh),$$

где параметры a и b соответственно равны $0,05 \text{ с}^{-1}$ и $0,00314 \text{ м}^{-1}$.

129. Вычислить погрешность измерения глубины эхолотом, если в месте расположения антенны скорость звука равна 1515 м/с, градиент скорости звука - $0,06 \text{ с}^{-1}$, истинная глубина - 700 м, а расчетная скорость звука для этого эхолота принята равной 1470 м/с.

130. Вычислить радиус кривизны и координаты центра траектории звукового луча, излученного с поверхности моря под углом скольжения 5° , если скорость звука $c(h)$ зависит от глубины h по закону

$$c(h) = 1470 \text{ м/с} + 0,03 \text{ с}^{-1} h.$$

131. Вычислить погрешность расчета глубины нахождения объекта по данным рыболокатора горизонтального поиска, если объект обнаружен на наклонной дистанции 1250 м при угле наклона антенны 6° , а скорость звука $c(h)$ распределена по глубине h согласно зависимости

$$c(h) = 1498,5 \text{ м/с} + 0,035 \text{ с}^{-1} h.$$

При этом осадка судна была 6 м и антенна выпущена за днище судна на 1 м.

132. Определить, на каком расстоянии от источника звуковой луч, излученный под углом скольжения 15° с поверхности моря, где скорость звука равна 1471 м/с, снова выйдет к поверхности моря, если градиент скорости звука равен $0,075 \text{ с}^{-1}$.

133. Выяснить, на какой глубине находился подводный объект, если он обнаружен рыболокатором на наклонном расстоянии 1,42 км при угле наклона антенны 8° , скорость звука в месте расположения антенны равна 1499 м/с, а градиент скорости звука составляет $-0,08 \text{ с}^{-1}$.

134. Определить размеры объекта, обнаруженного рыболокатором вертикального поиска, если на эхограмме размеры эхотрассы составляют по вертикали 29 мм и по горизонтали 3,5 мм, при этом регистратор сигналов работал на диапазоне 0-150 м при скорости протяжки бумаги 25,5 мм/мин. Рабочий ход пера (рабочий участок бумаги) равен 190 мм. Поисковая скорость судна составляла 7,5 уз.

135. Определить, какой рабочий диаметр должна иметь электронно-лучевая трубка в электронном индикаторе с линейной разверткой, чтобы обеспечить диапазон измерения глубин 0-300 м, если скорость развертки (линейная скорость движения следа луча по экрану трубки) равна 1 м/с.

136. Определить действительный угол наклона дна моря, если снятый с эхограммы эхолота угол наклона дна равен 65° , а вертикальный масштаб самописца в 10 раз крупнее горизонтального масштаба. При этом угол между линией пути судна и направлением изобат составлял 30° .

137. Определить, какую длительность должен иметь импульс развертки в электронном индикаторе с линейной разверткой, чтобы рабочим при диаметре электронно-лучевой трубки, равном 200 мм, обеспечивался масштаб измерения расстояний, равный 0,5 м/мм.

138. Определить размеры косяка рыбы на эхограмме рыболокатора вертикального поиска, если размеры эхотрассы косяка составляют по вертикали 18 мм и по горизонтали 2 мм. Скорость судна была 6 уз. Скорость протяжки бумаги составляла 8,2 мм/мин. Скорость движения пера самописца была 0,5 м/с.

139. Вычислить, какая погрешность возникнет в измеренной эхолотом глубине из-за того, что запись эхотрассы дна на эхограмме начинается после прихода эхосигнала лишь через промежуток времени, равный 5 мс, необходимый для того, чтобы напряжение эхо-сигнала достигло напряжения прожигания бумаги.

140. Найти, какова будет погрешность счета у цифрового индикатора эхолота, рассчитанного на скорость звука 1478 м/с, если частота тактовых (счетных) импульсов у него равна 7390 Гц.

141. Определить скорость судна, если известно, что угол наклона эхотрассы дна на эхограмме самописца эхолота в 10 раз превышает действительный угол наклона дна, вертикальный масштаб самописца равен 0,79 м/мм, а бумага протягивалась со скоростью 25,5 мм/мин (углы считать малыми, а изобаты перпендикулярными к линии пути судна).

142. Определить, на каком диапазоне работал самописец рыболокатора, если ширина нулевой линии на эхограмме составляет 5 мм при дли-

тельности зондирующего импульса 10 мс, а рабочий ход пера самописца равен 190 мм.

143. Определить, на каком расстоянии от основного синхроконтakta должен отстоять контакт фазировки на 1,5 диапазона в самописце рыболокатора, если рабочий ход пера равен 190 мм.

144. Вычислить погрешность в измеренной глубине эхолотом, равной 410 м, если скорость движения пера в самописце на 6% превышает расчетное значение, а среднее значение скорости звука по глубине на 3% меньше расчетного значения скорости звука, принятого для эхолота.

145. Выяснить, какова была длительность зондирующего импульса, если вертикальный масштаб самописца у эхолота равен 0,395 м/мм, а ширина нулевой линии составила 1,9 мм.

146. Определить, какую скорость развертки имел электронный индикатор с линейной разверткой, если на диапазоне 0-300 м протяженность нулевой отметки на шкале глубин заняла 15 мм, что составило 5% от значения рабочего диаметра экрана.

147. Вычислить, на сколько метров будут отличаться глубины, измеренные эхолотом, если передний фронт эхо-сигнала нарастает со скоростью 10 В/с, а в самописце бумагу типа ЭТБ-Р с пороговым напряжением прожигания 100 В заменили на бумагу типа ЭТБ-2 с пороговым напряжением 200 В.

148. Определить, какое максимальное число отметок на эхограмме будет поставлено за одну минуту перьями самописца рыболокатора при работе по трехперьевой схеме на диапазоне 0-150 м, если горизонтальный масштаб самописца равен 60 м/мм, а судно движется со скоростью 6 уз.

149. Определить, через какое время придется вставлять новый рулон бумаги в самописец рыболокатора при работе самописца по трехперьевой схеме, если за одну минуту осуществляется 126 циклов эхозондирования при скорости протяжки бумаги 0,3 мм/об. ремня, если длина рулона бумаги составляет 24 м.

150. Выяснить, под каким углом при погружении трала запищется эхотрасса горизонтального дна моря на эхограмме самописца тралового зонда, если отношение скорости погружения трала к скорости судна равно 0,1, а отношение горизонтального масштаба самописца к вертикальному равно 50.

151. Определить, на сколько и в какую сторону изменится погрешность измерения глубины эхолотом, если при переключении полосы пропускания частот усилительного тракта с узкой на широкую скорость нарастания переднего фронта эхо-сигнала от дна моря с 10 В/с изменилась до 10 В/с, а пороговое напряжение прожигания бумаги в самописце составляло 150 В.

152. Выяснить, возможно ли определение средней по глубине скорости звука в море с помощью эхолота, у которого в днище судна вдоль диа-

метральной плоскости на расстояниях L_1 и L_2 от излучающей антенны к носу и к корме судна соответственно установлено по приемной антенне. Дно при этом считать ровным и горизонтальным.

153. Выяснить, возможно ли определение средней по глубине скорости звука в море с помощью эхолота, у которого в днище судна вдоль диаметральной плоскости на расстоянии L от приемоизлучающей антенны к корме судна установлена дополнительно приемная антенна. Дно при этом считать ровным и горизонтальным.

154. Выяснить, возможно ли определение скорости траулера, если при работе тралового зонда совместно с рыболокатором вертикального поиска на эхограмме самописца одновременно записываются эхотрассы дна под судном и под тралом и на обеих эхотрассах явно видны характерные одноименные точки рельефа дна.

155. Вычислить, какова должна быть задержка развертки в электронном индикаторе, для того чтобы осуществить крупномасштабный просмотр 15-метрового слоя воды, составляющего 0,1 включенного диапазона работы, если рабочий диаметр экрана индикатора равен 240 мм, а масштаб измерения глубин составляет 1 м/мм.

156. Определить действительный угол наклона дна моря, если снятый с эхограммы эхолота угол наклона дна равен 55° , а вертикальный масштаб самописца в 10 раз крупнее горизонтального масштаба. При этом угол между линией пути судна и направлением изобат составлял 45° .

157. Определить размеры косяка, обнаруженного рыболокатором вертикального поиска, если на эхограмме размеры эхотрассы составляют по вертикали 39 мм и по горизонтали 4,5 мм, при этом регистратор сигналов работал на диапазоне 0-150 м при скорости протяжки бумаги 25,5 мм/мин. Рабочий ход пера (рабочий участок бумаги) равен 190 мм. Поисковая скорость судна составляла 8 уз.

158. Вычислить, какова должна быть задержка развертки в электронном индикаторе, для того чтобы осуществить крупномасштабный просмотр 30-метрового слоя воды, составляющего 0,2 включенного диапазона работы, если рабочий диаметр экрана индикатора равен 300 мм, а масштаб измерения глубин составляет 1 м/мм.

159. Доказать, что возможно определение скорости траулера, если при работе тралового зонда совместно с рыболокатором вертикального поиска на эхограмме самописца одновременно записываются эхотрассы дна под судном и под тралом и на обеих эхотрассах явно видны характерные одноименные точки рельефа дна. Чему будет равна скорость траулера, если расстояние между характерными точками на эхотрассах равно 25,5 мм, скорость протяжки бумаги в самописце составляла 8,5 мм/мин, а горизонтальное расстояние между антеннами рыболокатора и зонда равно 540 м.

160. Выяснить, возможно ли построить эхолот, у которого измеряемая глубина не зависит от скорости звука в море, если эхолот дополнить

приемной антенной, отнесенной в диаметральной плоскости на некоторое расстояние L от штатной антенны. Дно при этом считать ровным и горизонтальным.

161. Определить размеры косяка рыбы на эхограмме рыболокатора вертикального поиска, если размеры эхотрассы косяка составляют по вертикали 28 мм и по горизонтали 8 мм. Скорость судна была 6 уз. Скорость протяжки бумаги составляла 8,2 мм/мин. Скорость движения пера в самописце была 0,5 м/с.

162. Определить действительный угол наклона дна моря, если снятый с эхограммы эхолота угол наклона дна равен 60° , а вертикальный масштаб самописца в 10 раз крупнее горизонтального масштаба. При этом угол между линией пути судна и направлением изобат составлял 30° .

163. Выяснить, возможно ли измерить скорость судна с помощью эхолота, у которого в днище судна вдоль диаметральной плоскости на расстояниях L_1 и L_2 от излучающей антенны к носу и к корме судна соответственно установлено по одной приемной антенне. Дно при этом считать ровным и горизонтальным.

164. Выяснить, какова должна быть длительность импульса запрета записи нуля в самописце эхолота, чтобы скомпенсировать погрешность в глубине, возникающую из-за непрямоугольности переднего фронта эхосигнала, если напряжение эхо-сигнала нарастает со скоростью 10^5 В/с, а пороговое напряжение постановки отметки на бумаге составляет 200В.

5.3. Методические указания по выполнению контрольной работы

Контрольная работа включает в себя 5 задач. Прежде чем приступить к решению задачи, изучите вопрос программы дисциплины, относящийся к содержанию задачи, уясните четко, о чем спрашивается в задаче.

Оформление решения каждой задачи должно начинаться с повторения текста условия. Далее обязательно должно следовать краткое теоретическое введение по поставленному в задаче вопросу, сопровождаемое иллюстрациями (рисунками). В тексте обязательно должны быть ссылки на заимствования формул, доказательств, фактов, числовой информации и т. п. из литературных источников. Ссылки на заимствования из литературных источников делаются постановкой в квадратных скобках номера источника из списка использованной литературы. Например, «...численные значения величины K_v приведены в [2, с.234]...». Список использованной литературы приводится в конце контрольной работы. В него включаются библиографические описания лишь тех источников, на которые имеются ссылки в тексте, но не вообще источники по теме контрольной работы. Тем самым студент продемонстрирует как понимание сути задачи, так и свою готовность ее решить и то, что он работал с литературой.

Все действия при решении задачи необходимо сопровождать словесной аргументацией, подкреплять ее рисунками. Вычисления при решении задач должны производиться в следующем порядке: записывается расчетное выражение (формула), затем вместо символов физических величин в формулу подставляются их численные значения и в той последовательности, в которой символы записаны в формуле; далее после знака равенства записываются промежуточные результаты и конечный результат. Заключается решение задачи подведением итогов. При вычислениях обращайте внимание на единицы измерения. В расчетное выражение все величины подставляйте приведенными к системе единиц СИ. Обязательно проанализируйте полученный результат на предмет соответствия его реальности. В задачах, где нет числовых ответов, правильность результата проверяйте хотя бы путем сравнения размерностей правых и левых частей. Не высылайте на проверку работу, если в задаче получен явно абсурдный результат.

Пример оформления решения задачи приведен в Приложении 2.

В задачах, в которых требуется использовать скорость звука в морской воде, значение ее следует принимать равным 1500 м/с.

Задачи в контрольных работах оригинальны. Это означает, что студент не должен тратить время на поиск готового решения в рекомендованной литературе. Сами по себе задачи контрольной работы не отличаются большой сложностью. Для их решения достаточно внимательно отнестись к соответствующим вопросам в рекомендованной литературе. При решении задач следует обращать внимание на обеспечение необходимой точности вычислений. Не следует, например, приводить результат для вычисленного угла с точностью до сотых долей градуса или расстояния с точностью до сотых метра. Сообразуйтесь с тем, каковы возможности в этой части самих рыболокаторов или эхолотов.

Контрольная работа пишется от руки в ученической тетрадке, линованной в клеточку. Перечеркивание ошибочных записей в тексте контрольной работы, замазывание их чернилами недопустимо. Ошибочные записи исправляются аккуратной подчисткой текста или с использованием корректорской краски. На листах текста контрольной работы следует оставлять поля справа шириной 4 см для замечаний рецензента.

Титульный лист (обложка) контрольной работы должен содержать сведения о названии учебного заведения и названии кафедры, к которой относится дисциплина. Посередине титульного листа пишутся слова «Контрольная работа» и далее название дисциплины и номер варианта контрольной работы. Указывается номер группы (шифр), фамилия и инициалы студента. Перед фамилией ставится подпись студента. Внизу титульного листа пишется название города и указывается год. Пример оформления титульного листа приведен в Приложении 3.

6. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы заключаются в изучении устройства и эксплуатации рыболокаторов и траловых зондов.

Тема лабораторной работы	№ темы программы	Время на выполнение, ч	Форма контроля
Устройство и эксплуатация рыболокатора вертикального поиска	5.1, 5.2	2	Зачет
Устройство и эксплуатация рыболокатора горизонтального поиска	5.1, 5.3	2	Зачет
Устройство и эксплуатация траловых зондов	5.4	2	Зачет

Лабораторные работы выполняются в лаборатории гидроакустических рыбопоисковых приборов во время сессии под руководством преподавателя. Для выполнения лабораторных работ используются учебно-методические пособия [6,7,8,9,10].

БГАРФ

Таблица для выбора вариантов контрольной работы

Предл. цифра цифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	Вар.1 1, 32, 63, 94, 134	Вар. 11 2, 33, 64, 95, 135	Вар. 21 3, 34, 65, 96, 136	Вар. 31 4, 35, 66, 97, 137	Вар. 41 5, 36, 67, 98, 138	Вар. 51 6, 37, 68, 99, 139	Вар. 61 7, 38, 69,100, 140	Вар. 71 8, 39, 70,101, 141	Вар. 81 9, 40, 71,102, 142	Вар. 91 10, 41, 72,103, 143
1	Вар. 2 11, 42, 73,104, 144	Вар. 12 12, 43, 74,105, 145	Вар. 22 13, 44, 75,106, 146	Вар. 32 14, 45, 76,107, 147	Вар. 42 15, 46, 77,108, 148	Вар. 52 16, 47, 78,109, 149	Вар. 62 17, 48, 79,110, 150	Вар. 72 18, 49, 80,111, 151	Вар. 82 19, 50, 81,112, 152	Вар. 92 20, 51, 82,113, 153
2	Вар. 3 21, 55, 82,114, 154	Вар. 13 22, 56, 83,115, 155	Вар. 23 23, 57, 84,116, 156	Вар. 33 24, 58, 85,117, 157	Вар. 43 25, 59, 86,118, 158	Вар. 53 26, 60, 87,119, 159	Вар. 63 27, 61, 88,120, 160	Вар. 73 28, 62, 89,121, 161	Вар. 83 29, 32, 90,122, 162	Вар. 93 30, 33, 91,123, 163
3	Вар. 4 31, 34, 92,124, 164	Вар. 14 1, 35, 93,125, 134	Вар. 24 2, 36, 63,126, 135	Вар. 34 3, 37, 64,127, 136	Вар. 44 4, 38, 65,128, 137	Вар. 54 5, 39, 66,129, 138	Вар. 64 6, 40, 67,130, 139	Вар. 74 7, 41, 68,131, 140	Вар. 84 8, 42, 69,132, 141	Вар. 94 9, 43, 70,133, 142
4	Вар. 5 10, 44, 71, 94, 143	Вар. 15 11, 45, 72, 95, 144	Вар. 25 12, 46, 90, 96, 145	Вар. 35 13, 47, 73, 97, 148	Вар. 45 14, 48, 74, 98, 149	Вар. 55 15, 49, 75, 99, 150	Вар. 65 16, 50, 76,100, 151	Вар. 75 17, 51, 77,101, 152	Вар. 85 18, 52, 78,102, 153	Вар. 95 19, 53, 79,103, 154
5	Вар. 6 20, 54, 80,104, 155	Вар. 16 21, 55, 81,105, 156	Вар. 26 22, 56, 82,106, 157	Вар. 36 23, 57, 83,107, 158	Вар. 46 24, 58, 84,108, 159	Вар. 56 25, 59, 85,109, 160	Вар. 66 26, 61, 86,110, 161	Вар. 76 27, 60, 87,111, 162	Вар. 86 28, 63, 88,112, 163	Вар. 96 29, 62, 89,113, 164
6	Вар. 7 30, 32, 90,114, 134	Вар. 17 31, 33, 91,115, 135	Вар. 27 1, 34, 92,116, 136	Вар. 37 2, 35, 93,117, 137	Вар. 47 3, 36, 63,128, 138	Вар. 57 4, 37, 64,118, 139	Вар. 67 5, 38, 65,119, 140	Вар. 77 6, 39, 66,120, 141	Вар. 87 7, 40, 67,121, 142	Вар. 97 8, 41, 68,122, 143
7	Вар. 8 9, 42, 69,123, 144	Вар. 18 10, 43, 70,124, 145	Вар. 28 11, 44, 71,125, 146	Вар. 38 12, 45, 72,126, 147	Вар. 48 13, 46, 73,127, 148	Вар. 58 14, 47, 74,128, 149	Вар. 68 15, 48, 75,129, 150	Вар. 78 16, 49, 76,130, 151	Вар. 88 17, 50, 77,131, 152	Вар. 98 18, 51, 78,132, 153
8	Вар. 9 19, 52, 79,133, 154	Вар. 19 20, 53, 80, 94, 155	Вар. 29 21, 54, 81, 95, 156	Вар. 39 22, 55, 82, 96, 157	Вар. 49 23, 56, 83, 97, 158	Вар. 59 24, 57, 84, 98, 159	Вар. 69 25, 58, 85, 99, 160	Вар. 79 26, 59, 86,100, 161	Вар. 89 27, 60, 87,101, 162	Вар. 99 28, 61, 88,102, 163
9	Вар.10 29, 62, 89,103, 164	Вар. 20 30, 63, 90,104, 135	Вар. 30 31, 32, 91,105, 136	Вар. 40 1, 33, 92,106, 137	Вар. 50 2, 34, 93,107, 138	Вар. 60 3, 35, 63,108, 139	Вар. 70 4, 36, 64,109, 140	Вар. 80 5, 37, 65,110, 141	Вар. 90 6, 38, 66,111, 142	Вар.100 7, 39, 67,112, 143

Пример оформления решения задачи

Задача 45. Определить, какой путь за цикл обзора пройдет судно, имеющее скорость 10 уз, при одновременном круговом обзоре со сканированием диаграммы направленности при излучении на диапазоне 3000 м, если дискретность перемещения диаграммы составляет 6 град, а длительность зондирующего импульса равна 30 мс.

Теоретическое введение

Принцип действия рыболокатора одновременного кругового обзора со сканированием диаграммы направленности при излучении заключается в том, что при излучении используется относительно узкая в плоскости обзора диаграмма направленности, поворачиваемая электронным путем в плоскости обзора через угловые промежутки, обычно составляющие треть ширины диаграммы направленности [1]. По очередному направлению излучение происходит после того, как закончится излучение по предыдущему направлению. Временной интервал между излучениями, таким образом, составляет не менее длительности зондирующего импульса. После облучения последнего направления в антенне формируется веер статических диаграмм направленности, через которые идет прием эхо-сигналов от подводных объектов. В режиме приема антенна работает промежуток времени, необходимый для того, чтобы звуковая волна прошла расстояние, равное удвоенному диапазону, и этот промежуток отсчитывается от момента излучения по последнему направлению.

Решение задачи

Если дискрет перемещения диаграммы направленности составляет угол $\Delta\theta$, а длительность зондирующего импульса равна τ , то промежуток времени $t_{обл}$, требующийся для облучения водного пространства по всему горизонту (круговой обзор), будет

$$t_{обл} = (360 / \Delta\theta) \tau . \quad (1)$$

Если диапазон работы был D , то время приема эхо-сигналов $t_{пр}$ составит

$$t_{пр} = 2D/c, \quad (2)$$

где c – скорость звука в морской воде ($c = 1500$ м/с).

Таким образом, для цикла обзора (периода обзора) $T_{обз}$, суммируя (1) и (2), получим:

$$T_{обз} = t_{обл} + t_{пр} = (360 / \Delta\theta) \tau + 2D/c . \quad (3)$$

Так как судно движется со скоростью v , то путь S , проходимый за цикл обзора,

$$S = vT_{обз} = v(t_{обл} + t_{пр}) = v\{(360 / \Delta\theta) \tau + 2D/c\} . \quad (4)$$

Подставляя в (4) исходные данные из условия задачи и учитывая, что $10 \text{ уз} = 5 \text{ м/с}$, а $30 \text{ мс} = 0,03 \text{ с}$, найдем

$$\begin{aligned} S &= 5 \text{ м/с} \{ (360 / 6) \cdot 0,03 \text{ с} + 2 \cdot 3000 \text{ м} / 1500 \text{ м/с} \} = \\ &= 5 \text{ м/с} (1,8 \text{ с} + 4 \text{ с}) = 5 \text{ м/с} \cdot 5,8 \text{ с} = 29 \text{ м} . \end{aligned}$$

Ответ: за цикл обзора судно пройдет путь, равный 29 м.

БГАРФ

Образец оформления титульного листа контрольной работы

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

Кафедра судовождения

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Промысловая гидроакустика и рыболокация»

Вариант 84

Выполнил студент-заочник

И. В. Петров

Шифр Сзс-9738

Проверил доцент

В. М. Борисов

БГАРФ

Калининград 2002



Виталий Михайлович Букатый

ПРОМЫСЛОВАЯ ГИДРОАКУСТИКА И РЫБОЛОКАЦИЯ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)

*Ведущий редактор М.Б. Априянц
Младший редактор Г.В. Деркач*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

*Компьютерное редактирование
И.В. Леонова*

Печать офсетная.

*Подписано в печать 24.06.2019 г.
Усл. печ. л. 3,75.*

Формат 60 x 90 1/16.

Заказ № 1507. Тираж 10 экз.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

*Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.*